



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Entwicklung und Evaluation von Lernvideos
für das physikalische Anfängerpraktikum“

verfasst von / submitted by

Silas Oppermann

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 192 482 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Bewegung und Sport
UF Physik UniSTG

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Clemens Nagel

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Das physikalische Anfängerpraktikums an der Uni Wien	6
2.1. Beschreibung des IST-Zustands des Anfängerpraktikums.....	6
2.1.1. Materialien zur Vorbereitung.....	7
2.2. Weitere Argumente für die Entwicklung neuer Inhalte	10
2.3. Entwicklungen in den physikalischen Anfängerpraktika im Bereich „neue Medien“	11
3. Lernpsychologische Grundlagen	16
3.1. Speichersysteme und „double encoding theory“	17
3.2. Kritischer Vergleich von Lerneffekten Bildhafter und Verbaler Information	19
3.3. Multimedia, Multimodal, Multikodal – eine kurze Begriffsbeschreibung.....	21
3.4. „Cognitive Load Theory“ (CLT).....	22
3.5. „Cognitive theory of multimedia learning“ nach Mayer	24
3.6. „Split Attention Principle“	26
3.7. Modalitätseffekt	30
3.8. Redundanzeffekt.....	33
3.9. „Expertise Reversal Effect“	36
3.10. „Signalling principle“	37
4. Methoden	40
4.1. Bedarfserhebung	40
4.2. Prä-Produktion der Videos	44
4.3. Produktion der Videos.....	46
4.4. Evaluationsstrategie	48
4.5. Entwicklung der Fragebögen und des Testdesigns.....	49
4.5.1. Erkenntnistheoretische Gütekriterien	50
4.5.2. Pragmatische Kriterien	52
4.5.3. Ethische Kriterien.....	52
4.6. Beschreibung des Fragebogens	53
4.7. Statistische Auswertung der Fragebögen	58
4.8. Rahmenbedingungen und Durchführung der Untersuchung.....	61
5. Ergebnisse	67
5.1. Ergebnisse der Bedarfserhebung:	67
5.2. Ergebnisse der Videoproduktion.....	69
5.2.1. Storyboard	69
5.2.2. Exemplarische Beschreibung des Videos zum Digitalen Speicheroszilloskop	72

5.3.	Ergebnisse der quantitativen Evaluation	91
5.3.1.	Vergleichbarkeit der Gruppen	91
5.3.2.	Erfolgskriterium Erfolg der Studierenden	95
5.3.3.	Erfolgskriterium Passung	102
5.3.4.	Erfolgskriterium Nutzen	104
6.	Zusammenfassung und Ausblick	108
7.	Danksagung	112
8.	Literaturverzeichnis	113
9.	Anhang	121
A.	Fragebögen BetreuerInnen	121
B.	Fragebögen Kontrollgruppe.....	125
C.	Fragebögen Testgruppe	130
D.	Storyboards	133
E.	Abstract	173

1. Einleitung

Wenn man heutzutage im Internet nach informativen Materialien zu physikalischen Themen sucht, was wahrscheinlich fast alle Studierende im Laufe ihrer Studienzeit machen, so wird man schnell auch Videos zu diesen Themen finden. Die Machart dieser Videos erstreckt sich von kommentierten Aufnahmen von Notizen auf einem Whiteboard über komplett aufgezeichnete Vorlesungen verschiedener Universitäten bis hin zu animierten Kurzfilmen und aufwendigen Produktionen von Fernsehsendern. Es besteht also unbestreitbar ein Interesse und eine Nachfrage für Videos welche physikalische (bzw. naturwissenschaftliche) Fragestellungen bearbeiten. Viel seltener als diese Videos produziert werden, finden aber auch Untersuchungen statt die diese auf ihre Effektivität in Hinblick auf etwaige Lernfortschritte des Betrachters testen. Denn auch wenn gemeinhin Videos als Möglichkeit gesehen werden, besonders um abstraktere Inhalte konzise und eingängig darzustellen, so stellt sich die Frage ob und unter welchen Bedingungen sie tatsächlich als Medium den alternativen Informationsquellen - wie etwa einem Buch oder Bildern - überlegen sind. Genau dies ist das Thema und der Inhalt dieser Diplomarbeit.

Diese Arbeit ist in 6 Kapitel untergliedert. In Kapitel 2 wird die gegenwärtige Situation sowie die grundlegende Durchführung der physikalischen Anfängerpraktika an der Universität Wien beschrieben. In weiterer Folge werden die verschiedenen Ziele, Ergebnisse und Erkenntnisse anderer Projekte in dem Gebiet „neue Medien im physikalischen Anfängerpraktikum“ verglichen und darauf basierend Argumente und Potentiale für die Entwicklung von Lernvideos für das physikalische Anfängerpraktikum an der Uni Wien abgeleitet.

In Kapitel 3 werden die wichtigsten lernpsychologischen und mediendidaktischen Theorien und Prinzipien sowie die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zu den kognitiven Prozessen, welche beim Lernen stattfinden beschrieben und deren Bedeutung für die Entwicklung und Produktion von effektiven Lernvideos erläutert.

Kapitel 4 beschreibt die in diesem Projekt verwendeten theoretisch fundierten Methoden welche zur Produktion der Videos und deren umfassende quantitative Evaluation verwendet wurden.

In Kapitel 5 sind exemplarisch die Ergebnisse der Videoproduktion sowie ausführlich die Ergebnisse der quantitativen Evaluation beschrieben.

Kapitel 6 fasst den Inhalt und die Ergebnisse der Arbeit nochmal kurz zusammen, kommentiert diese und stellt einige Möglichkeiten für zukünftige Forschung in diesem Gebiet in Aussicht.

2. Das physikalische Anfängerpraktikums an der Uni Wien

2.1. Beschreibung des IST-Zustands des Anfängerpraktikums

Zum Zeitpunkt der Durchführung dieses Diplomprojekts werden am Institut für Physik der Universität Wien insgesamt vier experimentelle Anfängerpraktika angeboten. Jeweils zwei (Praktikum I und II) für Studierende des Lehramts Physik und des Bachelor of Science Physik. Diese Praktika haben für die Lehramtsstudierende einen Umfang von 5 ECTS für das Praktikum I und 9 ECTS für das Praktikum II und für Bachelorstudierende 9 ECTS für beide Praktika. Die beiden Praktika werden dabei alternierend im Sommer-, und Wintersemester angeboten. Laut Curriculum (Stand 27.06.2016) wird den Lehramtsstudierenden empfohlen diese im zweiten und dritten Studiensemester durchzuführen und Bachelorstudierenden (Stand 29.06.2011) im dritten und vierten. Grundsätzlich ist es den Studierenden erlaubt die Praktika in umgekehrter Reihenfolge abzulegen.

In dem Semester der Durchführung dieses Diplomprojektes wurde das Praktikum II für Lehramtsstudierende und das Praktikum I für Bachelorstudierende angeboten.

Alle Praktika haben eine gemeinsame Grundstruktur und Durchführungsmodalitäten. Während eines Semesters bearbeiten Studierende in Zweierteams (in Ausnahmefällen auch Dreierteams) wöchentlich eines von zwölf Praktikumsbeispielen, welches ein übergeordnetes Thema (z.B. Radioaktivität, Wärmestrahlung, Gleichstrom etc.) hat und mehrere, manchmal voneinander unabhängige Experimente umfasst. Eine Praktikumseinheit dauert je nach ECTS Umfang 2,5 (bei 5 ECTS) bis 5,25 (bei 9 ECTS) Stunden.

Die Studierenden haben die Aufgabe sich inhaltlich entsprechend auf die jeweilige Einheit vorzubereiten und die Experimente größtenteils selbstständig durchzuführen und zu protokollieren. Die Protokolle werden ebenfalls im Team verfasst und bewertet. Für die Vorbereitung stehen den Studierenden verschiedene Materialien auf der Website des Anfängerpraktikums zur Verfügung. Den wichtigsten Teil dieser Materialien bilden die Anleitungstexte, welche im PDF-Format zum Download bereitstehen. Zusätzlich dazu gibt es fallweise je nach Beispiel Applets, Videos, Simulationen oder ergänzende Texte zu verschiedenen Teil-Inhalten.

Die Bewertung der Leistung erfolgt über ein differenziertes Punktesystem. Studierende können in jeder Einheit insgesamt zehn Punkte erhalten. Drei für die Vorbereitung, vier für die Durchführung und drei für das Protokoll. Einzig das Praktikum I für Lehramtsstudierende unterscheidet sich im Bewertungsschema, worauf aber hier nicht näher eingegangen wird, da dieses Praktikum im Zeitraum der Untersuchung nicht angeboten wurde. Die Studierenden haben während des

Praktikums jederzeit die Möglichkeit ihre Punkte zu erfahren und nachzufragen wie es zu den Bewertungen gekommen ist.

Die Studierenden finden sich in den Präsenzeinheiten selbstständig an den jeweiligen Arbeitsplätzen ein, wo die nötigen Geräte bereitgestellt sind. Danach folgt in der Regel ein kurzes Einführendes Gespräch mit der Betreuungsperson, um das Experiment und die Geräte nochmal kurz zu besprechen und festzustellen ob die Studierenden ausreichend vorbereitet sind, um die Experimente selbstständig durchzuführen. Die Ergebnisse der Experimente werden noch am selben Kurstag von den Betreuungspersonen auf Richtigkeit überprüft. In der Regel findet am Ende einer Einheit ein abschließendes Gespräch mit der Betreuungsperson statt in dem noch offene Fragen geklärt werden und die Bewertung bekanntgegeben und erläutert wird. Die Protokolle müssen von den Studierenden binnen einer Woche verfasst und abgegeben werden.

2.1.1. Materialien zur Vorbereitung

Im Wintersemester 2015/16 standen den Studierenden des Anfängerpraktikums zu jeder der 12 verschiedenen Präsenzeinheiten ein digitaler Anleitungstext im PDF-Format zur Verfügung. Zusätzlich dazu ergänzende Vorbereitungsmaterialien insgesamt 9 Texte, 14 Applets/Animationen und 4 Videos für die Studierenden des Praktikums I bzw. 6 Texte 12 Applets/Animationen und 8 Videos Für die Lehramtsstudierenden. Zwei dieser Applets und vier Videos sind in beiden Bereichen vorhanden.

Die Texte sind von unterschiedlicher Länge und beinhalten oft Grafiken oder Diagramme und wurden zur Gänze vom Betreuungsteam des Anfängerpraktikums produziert.

Von den Applets wurde keines von der Universität Wien entwickelt und daher keines spezifisch für die Inhalte des Praktikums entworfen. Parallel zu diesem Projekt lief aber ein Entwicklungsprozess für 4 Applets, welche besser auf das Praktikum abgestimmt sind. Diese gehören zu den Themen Brechung, Beugung, Franck-Hertz Versuch und Heißluftmotor. Der Großteil der Applets wurde allerdings vor über zehn Jahren als Browserbasierte Java-App programmiert, was sehr häufig zu Problemen bei der Nutzung führte bzw. diese unmöglich machte, da viele mobile Browser (Tablet und Handy) standartmäßig JAVA nicht-, oder nicht mehr, unterstützen und auch PC basierte Browser die Anwendungen oft als nicht sicher einstufen und blockieren was häufig nur durch „Workarounds“ zu beheben ist. Walter Fendt, der Autor vieler auf der Anfängerpraktikums-website verlinkten Applets, hat bereits viele dieser Programme auf HTML 5, die aktuelle Web-Programmiersprache, umgestellt. Allerdings waren diese nur teilweise auf der Homepage verlinkt.

Mit Ausnahme von einem Video (ohne Ton) von Dr. Hartmut Selke wurden die sieben andern Videos von der Belegschaft des Anfängerpraktikums produziert, sind jeweils etwa 3 Sekunden lang und zeigen unkommentiert grundlegende physikalische Phänomene zu den Themen gekoppeltes Pendel und Stoßvorgänge wie z.B. einen elastischen Stoß zweier Luftkissengleiter. Es wird allerdings im Anleitungstext ohne Hyperlink auf die Videos verwiesen. Insgesamt standen den Studierenden somit eine Minute und zwölf Sekunden Videomaterial zur Verfügung.

Zusammenfassend kann man zu den ergänzenden Materialien also sagen, dass sie im Vergleich zu den Texten eher geringen Umfangs sind und, wegen der Abrufbarkeitsprobleme, nicht uneingeschränkt verwendbar sind. Dies führt dazu, dass ein erheblicher Teil der Studierenden den „Neue Medien“-Teil der ergänzenden Materialien nicht (mehr) verwendet. (siehe dazu auch die Kapitel 5.3.1.)

Mitursache dafür ist in diesem Fall das technische Problem der Kompatibilität neuerer Web-Browserprogramme mit den älteren Applet Programmen.

Nachdem die vielfältigen, positiven lernpsychologischen Effekte von (entsprechend konzipierten) audiovisuellen Materialien im Grundlagenkapitel beschrieben und belegt wurden, lässt sich in Anbetracht des geringen Umfangs der momentan verfügbaren audiovisuellen Materialien ein Defizit/Entwicklungsbedarf in diesem Bereich ableiten.

Darüber hinaus ist die Anwendung von Lernvideos, im Gegensatz zu interaktiven Bildschirmexperimenten, im Hochschulbereich im allgemeinen, und insbesondere in dem in diesem Projekt angedachten Format, ein noch wenig erforschtes Gebiet und bietet daher über eine potentielle Verbesserung der Lehr-Lernpraxis im Anfängerpraktikum hinaus die Möglichkeit neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu generieren. (vgl. Kapitel 2.2.)

Im Folgenden werden zusätzlich zu den in Kapitel 3 beschriebenen lernpsychologischen und allgemeinen didaktischen Vorteilen konkrete praktische Potentiale von Lernvideos im physikalischen Anfängerpraktikum dargelegt.

Zumbach (2010, 13-14) nennt unter anderem folgende allgemeine Vorteile der neuen Medien für die Lehre:

- Rund um die Uhr verfügbar: Die Medialen Inhalte lassen sich leicht verteilen und sind an den Orten, an denen sie Abgerufen werden, jederzeit verfügbar.
- Ortsunabhängig und global: Durch das Internet und die starke Zunahme an mobilen Datenangeboten lassen sich Inhalte überall auf der Welt abrufen.

- Darstellung unzugänglicher Phänomene: durch neue Medien lassen sich Vorgänge, die auf andere Arten nur umständlich oder gar nicht darstellbar wären, visualisieren. Dies gilt insbesondere für Phänomene die sehr schnell passieren oder den Mikro und Makrokosmos betreffen. Aber auch für andere Phänomene wie die Demonstration von Geräten, welche nur an bestimmten Orten verfügbar sind (z.B. im Praktikum oder Forschungseinrichtungen) und deren Bedienung ansonsten nur vor Ort zu erlernen wäre.

Die ersten beiden Punkte treffen im Wesentlichen auf alle Inhalte der e-Learning Umgebung zu, daher sollten die Videos diese ebenfalls erfüllen. Dies spricht dafür, die Videos im Internet zu veröffentlichen und über die Praktikumshomepage verfügbar zu machen. Der dritte Punkt verweist aber auch auf wesentliche Vorteile von Videos gegenüber anderen Medien. Bezogen auf Bilder und Texte kann nicht geleugnet werden, dass diese nicht in der Lage sind dynamische Prozesse „natürlich“ wiederzugeben. Und auch wenn man eine sequentielle Bildreihe mit erklärendem Text verwendet (was für manche Aufgaben zielführender sein kann), so lässt sich dies mit einem Video, entsprechend den in Kapitel 3 genannten Prinzipien lerneffizienter darstellen. Im Unterschied zu Simulationen und Applets stellen Videos quasi ein in sich geschlossenes Konstrukt dar und bedürfen im Regelfall keiner externen Erläuterung oder Aufgabe, können aber im Bedarfsfall mit solchen verbunden werden. Für das Praktikum an sich könnten Lernvideos also folgende Vorteile gegenüber den bereits vorhandenen „neuen Medien“ bringen:

- Einfache und dauerhafte Verfügbarkeit: Durch eine Veröffentlichung auf frei zugänglichen online Plattformen wie „YouTube“ wird das Problem der Aktualisierung des Datenformats auf eine zeitgemäße, zuverlässige und weitverbreitete externe Plattform ausgelagert. Praktisch alle modernen mobilen Geräte und PCs sind in der Lage diese Inhalte abzurufen.
- Die meisten mobilen Endgeräte haben keine Funktionen, die es ermöglichen gewisse Simulationen wie IBE's (Interaktive Bildschirmexperimente) oder Videos abzurufen welche für PCs oder PC basierte Browser entwickelt wurden, wohingegen praktisch alle Geräte eine YouTube-App vorinstalliert haben und somit die Videoinhalte an beliebigen Orten auch ohne PCs verfügbar sind (z.B. in Praktikumsräumen)
- Implementierungsmöglichkeit in die vorhandenen Anleitungen: Die Videos können in die vorhandenen PDF-Versuchsanleitungen per Hyperlink verlinkt werden, sodass ein Nutzer beim Lesen auf einem Gerät durch einen Klick auf den Link direkt zur relevanten Stelle im Video geleitet wird.
- Die Entwicklung eigener Materialien erlaubt es, die Inhalte spezifisch an die Herausforderungen und Probleme im Anfängerpraktikum anzupassen und so nicht nur

Inhalte für kognitive Laborexperimente zu produzieren sondern auch Lehr- und Lernmaterialien, die den Ablauf und die Ziele des Anfängerpraktikums unterstützen.

Es ist daher sinnvoll eigene Lernvideos zu produzieren, da diese Entwicklung lernpsychologisch und didaktisch argumentiert werden kann und ein aus oben genannten Gründen bestehendes Defizit in diesem Bereich der Forschung und Entwicklung behandelt.

2.2. Weitere Argumente für die Entwicklung neuer Inhalte

Die didaktische Argumentation für die Verwendung neuer Medien basiert, wie zuvor erwähnt, auch auf den in der Arbeit „E-Learning im Physikalischen Anfängerpraktikum“ (Nagel, 2009, 13) genannten Argumenten zur Innovation in der Hochschullehre; und die Videos sollen den ebenda genannten didaktisch-methodischen Zielen zuträglich sein (siehe auch Kapitel 2.3.). Die optimale Vorbereitung soll dadurch weiterangenähert werden, dass genau für die Inhalte, deren Vermittlung in den vergangenen Jahren den Studierenden und Betreuungspersonen die größten, bzw. konsistentesten, Probleme bereitete, Lernvideos produziert werden, welche sich von den bereits vorhandenen Materialien durch die Darbietungsform und Verknüpfung der Inhalte wesentlich unterscheiden und bestehende Defizite so kompensieren sollen. In einem der Didaktisch-methodischen Ziele seiner Arbeit nennt Nagel (2009) folgende Punkte welche genau zu den oben genannten Verbesserungspotentialen durch Lernvideos passen:

„Visualisierungsmöglichkeiten, interaktive Tools und Simulationen sollen das notwendige physikalische Grundverständnis für die bevorstehende Experimentierphase absichern, Hemmungen vor komplexeren Geräten abbauen helfen und den Studierenden die Möglichkeit für selbstorganisiertes Lernen bieten. Die bereits erwähnten heterogenen Voraussetzungen, betreffend das Vorwissen, sollen dadurch individuell ausgeglichen werden können. Alle Studierenden sollen die Möglichkeit bekommen, das notwendige Material für ihren eigenen Lernbedarf bei vorangehender Lernzielabklärung aus einem „Überblick“ auswählen zu können, um nicht alle Details jeder Theorieaufarbeitung aufarbeiten zu müssen.“ (Nagel, 2009, 33)

Lernvideos könnten prinzipiell in verschiedenen Bereichen des Praktikums zur Anwendung kommen:

- Als Visualisierung von ansonsten schwer zugänglichen Konzepten oder dynamischen Vorgängen.

Dazu schreibt Nagel (2009, 20):

„Darüber hinaus kann der Einsatz von Simulationen oder Videos während der Praktikumseinheit einen gewünschten Konzeptwechsel unterstützen, ebenso wie interaktive Computersimulationen (z.B. Applets), welche die Studierenden zum Nachdenken anregen.“

- Als Alternative zu textbasierten Geräteanleitungen.

- Während der Experimentierphasen als „kurz-Zusammenfassungen“ der wichtigsten Inhalte zu einem Experiment
- Als ergänzende Materialien in der Vorbereitung, um Studierende besser auf die Experimentierphasen vorzubereiten. Hierzu schreibt Rehfeldt et. al. (2013, 1):

„Zu diesem Zweck haben sich Multimediaelemente bewährt, die den Studierenden bereits früh erste Eindrücke von der Experimentiersituation verschaffen können. Allerdings sollten multimediale Elemente nicht Selbstzweck sein, sondern bedarfsgerecht eingesetzt werden.“

2.3. Entwicklungen in den physikalischen Anfängerpraktika im Bereich „neue Medien“

Um zu analysieren welchen didaktischen Zweck Lernvideos im physikalischen Anfängerpraktikum konkret erfüllen können ist es zunächst notwendig dieses kurz im Allgemeinen zu beschreiben und die darin stattfindenden Lehr/Lernsituationen zu kategorisieren. Um stichhaltig argumentieren zu können, warum die Verwendung multimedialer Inhalte im Allgemeinen und Lernvideos im speziellen eine Besserung im Praktikumsbetrieb bringen könnte, wird auch ein kurzer Blick in die Vergangenheit und die Entwicklung der physikalischen Praktika im deutschsprachigen Raum geworfen .

Bereits um die Jahrhundertwende gab es Bestrebungen das „konventionelle“ Anfängerpraktikum seine Effektivität in Bezug auf dessen Ziele zu überprüfen und daraufhin neue alternative Konzepte zu entwickeln. Zu diesem Zeitpunkt verwendeten viele Praktika noch keine, oder kaum Computergestützte Messdaten Aufnahme und Evaluation und hatten dementsprechend auch keine computergestützte Lernumgebung.

Welzel (1998) et al. führten eine europäische Umfrage unter Professoren und Studierenden aus sechs Ländern durch, um die Hauptziele die beim experimentellen Arbeiten erreicht werden sollen zu erfassen. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass bei allen Gruppen zwar im Wesentlichen dieselben Ziele, allerdings mit unterschiedlichen Gewichtungen verfolgt werden.

Diese Ziele sind (Welzel et al., 1998, 33):

- *„der/die Lernende sollen soll Theorie und Praxis miteinander verbinden;*
- *der/die Lernende sollen soll Experimentelle Fähigkeiten erwerben;*
- *der/die Lernende sollen soll Methoden wissenschaftlichen Denkens kennen lernen;*
- *der/die Lernende sollen soll motiviert werden, seine/ihre Persönlichkeit und seine/ihre soziale Kompetenz weiterzuentwickeln;*
- *der/die Lehrende sollen die Möglichkeit haben, das Wissen der Lernenden zu überprüfen.“*

In leicht veränderten Ausformulierungen finden sich diese Ziele auch heute noch in den Grundlagentexten verschiedener Anfängerpraktika im deutschsprachigen Raum wieder, ebenso bei

der Universität Wien. Hier ist allerdings hervorzuheben, dass mittlerweile explizit die Verwendung und der Umgang mit Computergestützten Mess-, und Auswertungsmethoden vielerorts den Eingang in diese Ziele gefunden hat. Als nächstes ist es wichtig, den „Praktikumsalltag“ zu untersuchen und zu bestimmen welche Situationen darin am ehesten bestimmten Zielen zuzuordnen sind.

Theyßen (2000) führte eine Untersuchung des physikalischen Praktikums für Mediziner durch und definierte hierin folgende Handlungskategorien (vgl. Theyßen, 2000, 29):

- *„Aufbau: Aufbau des Versuchs und dessen Überprüfung*
- *Anweisung: Nutzung von Anweisungen zur Versuchsdurchführung und –Auswertung; Quellen: Anleitung, Betreuer, Tafel*
- *Messen: Aufnahme von Messwerten*
- *Auswertung: Rechnungen zur Datenauswertung, Beantwortung von Fragen, Formulierung und Diskussion der Beobachtungen und Ergebnisse*
- *Sonstiges: Aktivitäten der Studierenden, die sich nicht auf das Praktikum beziehen“*

Im Rahmen des EU-Projektes „Labwork in Science Education“ wurden Studierende bei der Arbeit im Praktikum aufgezeichnet. Diese Videos wurden mit der CBAV Methode untersucht und durch Kategorien geleitet im Hinblick auf verschiedene Aspekte ausgewertet (vgl. Zastrow, 2001).

Zastrow (2001) verglich in ihrer Arbeit mehrere Ergebnisse, welche die Aufteilung der Praktikumszeit in diesen „traditionellen Praktika“ auf diese Kategorien untersuchte und kam zu dem Schluss, dass ein Großteil der Zeit für Aufbau und der Überprüfung der Messinstrumente und ebenfalls ein Großteil der Anweisungszeit für Anweisungen zur Versuchsdurchführung verwendet werden (vgl. Zastrow, 2001, 8).

Zastrow (2001) verglich auch andere Studien (u.a.: Haller 1999; Hücke 1999; Theyßen 2000; Sander 2000), welche die Aufteilung der Sprechhandlungen im Praktikum auf verschiedene Kategorien untersuchten, mit dem Ergebnis, dass Studierende sowohl im Praktikum als auch bei der Auswertung sich hauptsächlich über technische Aspekte der Versuche äußern und sehr wenig über die physikalischen Zusammenhänge sprechen (vgl. Zastrow, 2001, 10-11). Bezogen auf das Anfängerpraktikum hält Zastrow (2001, 16) unter anderem fest, dass ein Großteil der Komplexität der Lernumgebung im Praktikums durch die Fülle an neuen Geräten bedingt ist und neue Geräte auf eine anschauliche Weise eingeführt werden sollten da es sonst zu Misserfolgserlebnissen und Desinteresse kommt.

Zastrow (2001) fasst diese Ergebnisse mit folgendem Zitat zusammen:

„To many students, a lab means manipulating equipment and not manipulating ideas.“ (Lunetta, 1998, 250)

Aufgrund dieser Ergebnisse für die traditionellen Praktika musste gefolgert werden, dass die Praktika in ihrer herkömmlichen Form ihren Zielen wenig zuträglich sind. Daher wurden in den folgenden Jahren an vielen Universitäten verschiedenartige Neukonzeptionen der physikalischen Praktika durchgeführt und evaluiert. Theyßen (2000) etwa konzipierte das physikalische Praktikum für Mediziner neu. Neumann (2004) führte an der Uni Düsseldorf eine gänzliche Neukonzeption des physikalischen Praktikums durch. Hütter & Theyßen (2005) verglichen die zuvor entwickelte Hypermediale Lernumgebung mit dem Praktikum aufgrund dessen diese Lernumgebung entwickelt wurde; und Fricke et. al. (2011) entwickelten ebenfalls Hypermediale Skripten und evaluierten diese. Wolny (2010) konzipierte das Praktikum für ErnährungswissenschaftlerInnen an der Uni Wien (siehe auch Nagel & Wolny, 2013). Nagel (2009) stellte das physikalische Anfängerpraktikum an der Uni Wien auf eine e-Learning Umgebung um ersetzte unter anderem und die Anleitungstexte durch überarbeitete und einheitlich strukturierte e-Skripten im PDF Format. Aufbauend auf diesen beiden Arbeiten entwickelten Bauer (2010) und Hoffmann (2011) weitere Einheiten für das physikalische ErnährungswissenschaftlerInnen Praktikum. Haller (2011) überarbeitete ebenfalls an der Uni Wien, das Praktikum für Meteorologinnen basierend auf einer didaktischen Rekonstruktion. Kreiten (2012) untersuchte an der Uni Köln die Wirkung von Web-basierten Experimenten auf die Verstehens Leistung von Studierenden; und Plückers & Heinke (2015) untersuchten den Einsatz neuer Medien im Physik Praktikum für Mediziner. In all diesen Arbeiten finden sich, unterschiedlich ausführliche, theoriegestützte, Argumentationen für die Verwendung von neuen Medien in verschiedenen Bereichen des physikalischen Anfängerpraktikums wieder.

Hütter & Theyßen (2005) schreiben etwa in Bezugnahme auf Schulmeister (2002):

„Neben Praktika bieten jedoch auch neue Medien die Möglichkeit, die Lernenden aktiv einzubinden. Neue Medien, wie z.B. Animationen und Simulationen, werden häufig speziell dazu eingesetzt, um dynamische Prozesse zu veranschaulichen und das selbstgesteuerte Lernen und Problemlösen zu fördern“

Rehfeld et al. (2014):

„Multimediale Anwendungen haben hierfür durch ihre Möglichkeiten der Multimodalität und Multicodierung großes Potential, Praktika zu verbessern. Besonders interaktive Bildschirmexperimente können einen wichtigen Beitrag, etwa in der Vorbereitung der Versuche, leisten.“

Und Nagel (2009, 6-7):

„In der deskriptiven Analyse zeichnet sich ab, dass eine bessere Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum im Vergleich zur Situation vor Einführung der eLearning-Umgebung allein schon durch die Vielfalt und Freiheiten in der Nutzung möglich scheint.“

Wie zuvor erwähnt war das Ziel vieler dieser Projekte eine Umstrukturierung der Praktika. Dabei sollten moderne Methoden und Möglichkeiten sowie „neue Medien“ zwar integriert werden, deren flächendeckende Entwicklung und Erforschung im Praktikumsrahmen nahm dabei aber verständlicherweise eine untergeordnete Rolle ein und wurde größtenteils exemplarisch durchgeführt. So waren zwar in einem Großteil dieser Arbeiten alternative Darstellungsformen und Visualisierungen von Inhalten - zumindest Teil der Entwicklungsarbeit, z.B. in Form von interaktiven Bildschirmexperimenten oder bei der Integration von Simulationen in der Praktikumsvorbereitung - , allerdings gab es in der rezenten Vergangenheit nur zwei Arbeiten die sich explizit mit der Entwicklung von Videos beschäftigten. Eine davon (Plückers & Heinke, 2015) untersuchten in einer Pilotstudie die Akzeptanz von Medizinstudierenden im physikalischen Praktikum für ein „Interessenförderndes“ Video und dessen Auswirkung auf das situationale Interesse. Sie stellten dabei eine stark positive Akzeptanz aber keine Auswirkung auf das Interesse fest. Hamacher et al. (2015) produzierten Lernvideos zum „Umgang mit Messunsicherheiten“, die Ergebnisse darüber sind bis dato allerdings nicht veröffentlicht worden. In einem anderen Projekt an der Universität Aachen ist die Entwicklung von Lernvideos im Rahmen einer „Interaktiven Versuchsanleitung“ geplant, da eine Vorerhebung bei Maschinenbaustudenten ergab, dass Videos für die Vorbereitung und die Durchführung des Praktikums zu den meist gewünschten Materialien gehörten (vgl. Büsch & Heinke, 2015). Somit ist diese Arbeit die erste, welche die Wirksamkeit des Einsatzes von Lernvideos für die Vorbereitung und Durchführung eines physikalischen Praktikums untersucht.

Da das gegenständliche Diplomprojekt im Anfängerpraktikum der Uni Wien durchgeführt wird und somit an die Ergebnisse der Entwicklungsarbeit von Nagel (2009) anschließt, wird im Folgenden kurz erläutert in welche Bereiche der Zielsetzungen der Umstellung des Anfängerpraktikums sich dieses Projekt eingliedert. Nagel (2009, 33) nannte unter anderem folgendes didaktisch-methodische Entwicklungsziel:

„Für jeden Praktikumstag wird eine eigene "Blended Learning Sequenz" erstellt. Diese soll eine optimale Vorbereitung für die experimentelle Tätigkeit ermöglichen. Webbasierte und herkömmliche Lernmethoden wechseln sich ab, die Vorteile konventioneller und neuer Medien werden kombiniert und gezielt zum Einsatz gebracht und sollen eine didaktische Innovation für das Anfängerpraktikum erbringen (vgl. Reinmann-Rothmeier, 2003).“

Als Erfolgs Kriterien des e-learning Projektes definierte Nagel folgende Punkte, an denen auch die Erfolgskriterien dieses Projektes angelehnt sind, und welchen die Videos, als zukünftiger Teil der e-learning Umgebung, im weiteren Sinne zu genügen haben (Nagel, 2009, 2):

„Die kognitiven und prozessorientierten Fertigkeiten der Studierenden sollen sich verbessern; das Angebot der e-Learning-Umgebung soll von den Studierenden als hilfreich erachtet werden, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen; die Studierenden sollen das gesamte Angebot der e-Learning-Umgebung mehrheitlich nutzen, um seinem Einsatz eine pragmatische Rechtfertigung zu geben und die Studierenden sollen die Vorbereitung (e-Learning-Phase) als Phase selbstorganisierten Lernens erleben.“

Die Videos haben somit in Ihrer Endversion so konzipiert zu sein, dass sie eine Rolle in den „Blended-Learning Sequenzen“ einnehmen können, dass sie die Vorbereitung auf die experimentelle Tätigkeit verbessern und im weiteren Sinne den obengenannten Erfolgskriterien ebenfalls zuträglich sind. Der Einsatz der Videos im Rahmen des Projektes hat also ein über die eignen Erfolgskriterien hinausgehendes Entwicklungsziel zu verfolgen und muss entsprechend evaluiert werden. Hübner & Theyßen (2005, 118) schrieben hierzu:

„Einerseits ist zu berücksichtigen, dass nicht die neuen Medien an sich lernförderlich sind (Clark 1994); stattdessen ist deren Einsatz anhand der verfolgten Ziele sorgfältig zu planen und in ein komplettes Lernarrangement einzubinden (Kerres 2001). (...) Zum Anderen sind bei der Evaluation die verfolgten Ziele als Voraussetzung zur Wahl der Erhebungsmethoden anzusetzen.“

Daher ist es nicht nur wichtig, die Konzipierung und Entwicklung der Videos auf aktuellen Forschungsergebnissen aufzubauen sondern auch zusätzlich zu erläutern, in welchen Bereichen des Anfängerpraktikums diese positiven Effekte in welcher Form zum Tragen kommen könnten. Daher werden im Folgenden die den Lernprozess betreffenden Kognitionsmodelle beschrieben und darauf aufbauend die wissenschaftlich belegten lern- und medienpsychologischen Effekte sowie deren Bedeutung für die Produktion eines Lernvideos beschrieben.

3. Lernpsychologische Grundlagen

Lernen ist ein sehr komplexer kognitiver Prozess, der durch eine Vielzahl an externen und internen Faktoren beeinflusst wird. (Hattie (2009) nennt z.B. in seiner Metanalyse „Visible Learning“ 138 Einflussgrößen (vgl. Steffens & Höfer, 2014, 3)). Eine der größten Herausforderungen bei der Durchführung von Studien im Bereich der Lernpsychologie ist es, die Einflüsse dieser Faktoren entweder zu kontrollieren oder in den Ergebnissen zu berücksichtigen. Daher werden viele Untersuchungen in sehr spezifischen Settings durchgeführt um diese Einflussgrößen besser kontrollieren zu können. Studien, die eigentlich dasselbe Phänomen untersuchen aber sich im Design unterscheiden, kommen unter anderem deswegen mitunter zu widersprüchlichen Ergebnissen; und reine Wiederholungsstudien werden eher selten durchgeführt. Meta-Studien wie der eingangs erwähnten Hattie Studie (2009), in der die Ergebnisse von etwa 50.000 Studien zur Lernwirksamkeit verschiedener Faktoren verglichen wurden, sind auch eher selten. Nun stellt sich für einen Praktiker in der Lehre oft die Frage, wie und in welcher Form sich diese vielfältigen Ergebnisse auf die jeweiligen spezifischen Bedingungen und Probleme umlegen lassen. Denn in ebendiesem Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis findet sich jeder Didaktiker wieder, welcher beispielsweise versucht auf Basis von empirischen Befunden neue Lehr-Lerninhalte zu produzieren. Abgesehen von der Herausforderung verschiedenste lernpsychologische und didaktische Fallstudien anhand Ihrer Ergebnisse und der Untersuchung des Studiendesigns auf Relevanz für eigene Lehr-Lernsituation zu untersuchen, muss oft im Vorhinein abgewogen werden, ob sich dieser Aufwand sowie die darauf folgende Entwicklung neuer eigener Inhalte im Hinblick auf die Individuellen Ziele auch lohnt. Dies gilt insbesondere dann, wenn für diese Entwicklungen Kompetenzen aus Bereichen notwendig sind, die über den eigenen Fachbereich hinausgehen. Nicht selten führt dies dazu, dass geplante Neuerungen und Entwicklungen im Unterrichtsbereich nur teilweise theoriebasiert sind und sich eher an den vorherrschenden „Trends“ orientieren. Rinn & Meister (2004) führten beispielsweise Analysen von Projektskizzen durch, die im Rahmen eines Förderprogramms des Deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung eingereicht wurden. Der Titel dieses Programms war „Neue Medien in der Bildung – Bereich Hochschulen“. Dementsprechend handelte es sich bei den Anträgen um Projektskizzen zur Entwicklung von Inhalten mit neuen Medien und deren Anwendung in verschiedensten Bildungsbereichen. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass zwar 92% didaktisch begründete Konzeptionen aufwiesen aber mit 34% nur etwa ein Drittel dieser Projektskizzen gleichzeitig Bezüge zu einschlägigen wissenschaftlichen Konzepten aus Instruktionsdesign, Lerntheorien oder pädagogischen Psychologie herstellten (vgl. Rinn & Meister, 2004, 9). Rinn & Meister (2004) bemerken auch, dass statt dieser Bezüge nur schlagwortartig auf

weitverbreitete Begrifflichkeiten verwiesen wurde. Passend zu dem oben beschriebenen Spannungsfeld für Didaktiker schreiben sie:

„U.E. spiegelt dieser Befund die an Hochschulen gegenwärtig bestehende Kluft zwischen den Erkenntnissen aus den Bereichen Hochschul-, und Mediendidaktik, allgemeine Didaktik und Pädagogische Psychologie und der Praxis der Lehre und des Lernens wider“ (Rinn & Meister, 2004, 9)

Rinn & Meister (2004) führen weiter aus:

„Jedoch weist die Analyse der Projektskizzen darauf hin, dass im Bereich der theoretischen Fundierung zahlreicher Projekte noch Nachholbedarf besteht. (...) Ein stärkerer Austausch zwischen praktischen Erfahrungen aus den Projektentwicklungen und den Erkenntnissen aus Didaktik und Lehr-/Lernforschung könnte hier für beide Seiten Gewinn bringend sein“ (Rinn & Meister, 2004, 11).

Auch wenn die Ergebnisse von Rinn & Meister aus dem Jahr 2004 stammen, sind die darin genannten Kritikpunkte nach wie vor relevant. Im Folgenden wird dementsprechend nicht nur eine didaktische Analyse der Bedingungen und Ziele für das physikalische Anfängerpraktikum durchgeführt, sondern auch Theorien und Ergebnisse aus Lern- und Kognitionspsychologie sowie aus Mediendidaktik gesammelt und in Bezug zum Inhalt dieses Diplomprojektes gesetzt.

3.1. Speichersysteme und „double encoding theory“

Generell kann man davon ausgehen, dass Informationen unser zentrales Nervensystem über unsere Sinnesorgane erreichen. dort verarbeitet werden und gegeben Falls zu überdauernden Veränderungen führen. Diese Veränderung kann man als eine Veränderung des Wissens bezeichnen oder mit dem einfacheren Begriff „Lernen“. Es gibt verschiedene Arten von lernpsychologischen Wissens-, und Wissensspeichertypologien. Bednortz & Schuster (2002) nennen in ihrem Buch „Einführung in die Lernpsychologie“ unter anderem die Phonologische, die Bildhafte/Abstrakt-bedeutungsbezogene Speicherung sowie Schemas und Skripten. Darüber hinaus werden andere Dichotome Speichertheorien genannt wie prozedurales/deklaratives-, semantisch-episodisches-, und explizites/implizites Wissen. Solchen allgemeinen Unterscheidungen, welche zumeist aus der Psychologie oder anderen Geistes-Humanwissenschaften stammen, lassen sich in der Regel nur aber begrenzt entsprechende Neuronale Systeme im zentralen Nervensystem zuordnen. Mit ein Grund dafür sind, abgesehen von den verschiedenen Forschungsansätzen und Hypothesen, dass an Wissensspeicherung und Abrufung je nach Wissensgebiet so gut wie alle Hirnareale beteiligt sind. So sind bereits an den meisten Alltagshandlungen sowohl motorische, emotional/affektive, logische und verbale Areale des Hirns gleichzeitig beteiligt. Daher ist es für Untersuchungen im Bereich der

Lernforschung besonders wichtig, die verwendeten Typologien auf deren Anwendbarkeit für das eigene Gebiet zu überprüfen. Für das Thema dieser Arbeit sind vor allem die Bildhaften/Verbalen (vgl. „*double encoding theory*“ siehe weiter unten), Expliziten/Impliziten (vgl. biologisch primäres und sekundäres Wissen der „*cognitive load theory*“) und Schema/Skript (vgl. „*cognitive theory of multimedia learning*“) Wissens und Wissensspeichertheorien besonders relevant.

Da Videos über auditive und visuelle Kanäle das Bewusstsein erreichen, werden in dieser Arbeit nur Effekte beschrieben die auf Inhalte vergleichbarer Art anwendbar sind (im Gegensatz zu beispielsweise Bewegungslernen). Daher werden zunächst kurz gängige Theorien zur Speicherung und Verarbeitung auditiver und visueller Information vorgestellt. Nach Bednortz & Schuster (2002, 150) existiert im menschlichen Hirn ein eigener Speicher für den Wortklang. In diesem sogenannten „phonologischen Speicher“ wird der Klang eines Wortes mit dessen Bedeutung gespeichert. Der Effekt Bedeutungszusammenhänge über den Klang zu speichern ist vielen aus Lernreimen bekannt. Und auch wenn Erwachsene die Wörter eher nach Bedeutungen assoziieren, werden Inhalte oft tatsächlich über den bloßen Klang gespeichert, assoziiert und abgerufen. So werden Zahlen oft in bestimmten Klangreihenfolgen gelernt, z.B. paarweise, in Tripeln oder ausgesprochen als ein Wort (z.B. 3452 als drei-vier fünf-zwei vs. dreitausendvierhundertzweiundfünfzig) und hat man eine Zahlenfolge auf eine bestimmte Art phonologisch gespeichert, ist es schwierig, sie in einer anderen Klangfolge oder einem anderen Rhythmus wiederzugeben. (vgl. Bednortz & Schuster, 2002, 150) Diese Art Zahlen zu speichern ist eine Form von „*chunking*“, wodurch mehrere Informationen durch metakognitive Strategien zu einer Informationseinheit zusammengefasst werden können. Dies ermöglicht die Verarbeitung größerer Informationsmengen im Arbeitsgedächtnis. Passend zum phonologischen Gedächtnis nennt Baddley et al. (2009, 21) das Beispiel einer Folge von Buchstaben, die einmal beliebig durcheinander gewürfelt sind und einmal ein Kunstwort ergeben, welches allerdings der Silbenstruktur der englischen Sprache entspricht und somit wie ein Wort „klingt“. Da ein Leser, vorausgesetzt er hat in seiner Muttersprache eine ähnliche Silbenstruktur, somit über eine metakognitive Strategie verfügt, die Information der Buchstabenfolge als eine einzige , phonologische Information zu verarbeiten, kann er diese leicht speichern. Das von Baddley et al. (2009) genannte Beispiel war „CTAILTCSFRO“ bzw. „FRACTOLISTIC“. Das Wort „*chunking*“ wurde in einem Paper von George A. Miller (1956) eingeführt. Der Prozess des *chunking* ist insbesondere im Hinblick auf die Darbietung von Information wichtig, da - wie im Beispiel oben - die Art der Darbietung, in Kombination mit den verfügbaren chunking Strategien, einen signifikanten Einfluss auf die verarbeitbare Informationsmenge und somit den Lerneffekt haben kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Information nur flüchtig verfügbar ist wie zum Beispiel in einem Video. *Chunking* betrifft aber auch visuelle Information. Paivio (1969) postulierte eine Theorie von zwei separaten Speichersystemen auf die sich viele andere kognitionspsychologische Theorien beziehen

beziehungsweise diese erweitern. Einem verbal bedeutungsmäßigen (vgl. phonologischer Speicher) und einem bildhaften. Dabei befinden sich die Nervensysteme für die Speicherung in verschiedenen Hirnhälften. Für die physiologische Existenz dieser Speichersysteme spricht, dass sie getrennt voneinander störbar sind (vgl. Wilkins & Moscovich, 1978). Mehr zu dieser „Hemisphärenspezialisierung“ im folgenden Kapitel. Diese sogenannte *double encoding theory* geht davon aus dass Wörter, zu denen eine bildhafte Speicherung vorhanden beziehungsweise möglich ist, leichter gelernt werden können als abstrakte Begriffe. Aufbauend auf dieser Annahme schreiben Bednortz & Schuster (2002) etwas allgemein und ohne dafür spezifische empirische Befunde zu zitieren, dass Visualisierungen verschiedenster Art den Lernerfolg drastisch erhöhen können, weil einerseits eine Mehrfachablegung in verschiedenen Speichersystemen erfolgt und andererseits eine simultane Informationsverarbeitung verschiedener Elemente versus der sukzessiven Darstellung und Verarbeitung verbaler Informationen stattfindet. In dieser Aussage sind drei verschiedene Lernpsychologische Aspekte genannt, die jeder für sich in späteren Kapiteln dieser Arbeit bearbeitet werden. Erstens, dass eine Mehrfachablegung zu einer besseren Abrufbarkeit im Langzeitgedächtnis führt (dies entspricht Vorwissen), zweitens und drittens eine Verknüpfung der Aussagen, dass simultane Informationsdarbietung einer sukzessiven überlegen ist und daher Visualisierung reiner verbaler bzw. Text Information zu bevorzugen ist. In Bezug auf das Lernen und Wiedergeben von Worten und Bedeutungen spräche dies für eine Darbietung von bildhaftem Material zusammen mit schriftlichen oder verbalen Informationen. Allerdings soll dieses Kapitel nicht die Überlegenheit geschweige denn Unabdingbarkeit der bildhaften Darstellung von Lerninhalten beweisen sondern aus mehreren Perspektiven beleuchten, wann, warum und unter welchen Umständen eine audiovisuelle Aufbereitung von Inhalten potentiell zu besseren Lernerfolgen führen kann. Im Folgenden wird daher auf jede dieser Aussagen separat Bezug genommen und relevante wissenschaftliche Ergebnisse zu den betreffenden Theorien beschrieben.

3.2. Kritischer Vergleich von Lerneffekten Bildhafter und Verbaler Information

Manch einer wird sich intuitiv mit der Aussage anfreunden können, dass mit (zumindest ergänzenden) Bildern besser und leichter gelernt wird als ohne. Weidenmann (2002) und Zumbach (2010) warnen aber vor der unreflektierten naiven Annahme, dass Medien-, lernpsychologisch gesehen eine möglichst multimediale, multimodale und multicodale Aufbereitung von Inhalten in jedem Fall überlegen ist. Beide verweisen dabei auf die bekannte Summierungstheorie von Ballstaedt (1990) wonach durch Lesen 10%, beim Hören 20%, beim Sehen 30%, beim gleichzeitigen Hören und Sehen 50%, beim Wiedergeben bzw. Nacherzählen 70% und beim eigenständigen Tun 90% eines

Inhalts behalten werden. Diese Theorie könnte im Wesentlichen der oben genannten Aussage von Bednortz & Schuster (2002) zugrunde gelegt werden.

Weidenmann (2002) kritisiert in diesem Zusammenhang auch die vielzitierte „double-encoding Theory“ von Paivio und die Theorie der Hemisphärenspezialisierung, wonach die Verarbeitung verbaler und bildlicher Informationen in verschiedenen Großhirnsystemen stattfinden, dahingehend dass die interne Kodierung nicht durch eine eins zu eins Entsprechung in der externen Kodierung festgelegt ist und, dass die Hemisphärentheorie dahingehend trivialisiert wird, dass das „Einschalten“ beider Hirnhälften zu einem besseren Lerneffekt führt. Zumbach (2010) weist darauf hin, dass der sogenannte „Bildüberlegenheitseffekt“, engl. „*visual dominance*“ (vgl. Posner et. al. 1976) nur geringfügig theoretisch und empirisch fundiert ist und nur die reine Behaltensleistung betrifft, also keine Aussage über Auswirkungen auf Verstehensprozesse macht.

Dabei verweist Weidenmann (2002) in Bezug auf den Bildüberlegenheitseffekt auch auf die „multimodale Gedächtnistheorie“ von Engelkamp wonach Eindrücke im kognitiven System durch Wortmarken und Bildmarken repräsentiert werden; dabei gibt es sowohl akustische als auch visuelle Wortmarken für gehörte und gelesene Wörter. Laut Engelkamp (1990) rührt der Bildüberlegenheitseffekt daher, dass Bildmarken die Konzepte nicht nur schneller verfügbar machen sondern diese Konzepte im Gegensatz zu Wortmarken begründen während Wortmarken nur auf diese referieren (vgl. Weidenmann, 2002, 50). auch Weidenmann bemerkt hier, dass die psychologischen Befunde für Engelkamps Theorie unter experimentellen Bedingungen und nicht in Verbindung mit komplexen Lernmaterialien gewonnen wurden.

Schnell (2002) weist auf die Gegenthese zu Ballstaeds Summierungstheorie von Dörr (1997) hin wonach die gleichzeitige Darbringung auditiver und visueller Information durch die begrenzte Informationsverarbeitungskapazität (siehe Arbeitsgedächtnis) und die teilweise hohe Informationsdichte überfordern können und wonach es Befunde gibt, dass diese Überforderung bei Codierungsinterferenzen in der gleichen Modalität noch verstärkt wird (siehe dazu auch *redundancy effect* Kapitel 3.8.). Nach Dörr müssen sich Lernende dabei für die Verarbeitung einer Modalität entscheiden. Je nachdem ob diese Überlastung durch die tatsächliche Komplexität bzw. mangelndes Vorwissen des Lernenden oder durch mangelndes Design nach kognitionspsychologischen Erkenntnissen verursacht ist, handelt es sich hierbei um eine Überlastung im „*extraneous cognitive load*“ oder im „*intrinsic cognitive load*“ (mehr dazu im Kapitel 3.4. *cognitive load theory*). Beiden Arten lassen sich durch geeignete Umstrukturierung der Lerninhalte vorbeugen. Wie bei vielen Themen um das Lernen mit medialen Inhalten gibt es Studien die bestimmte Hypothesen bestätigen und welche die das Gegenteil belegt haben wollen. So verweist Schnell (2002) auf Engelkamp und

Zimmer (1990), nach denen sich die Überforderung vermeiden lässt indem die Informationen in sinnvoller Weise auf verschiedene Sinneskanäle und Kodierungen aufgeteilt werden:

„Dies bedeutet für Lernmedien, dass sie nicht nur die visuelle Modalität ansprechen sollen (Bilder, Text) sondern auch die auditive, weil die gesprochene Sprache einprägsam ist, Aufmerksamkeit weckt und durch die Stimme und den Ausdruck persönlicher wirkt“ (vgl. Engelkamp 1991, 278 ff. zit. nach Schnell 2002, 26)

Diese eher allgemeine Aussage lässt sich anhand der Forschungsergebnisse der Medienpsychologie konkretisieren. Sie ist im Wesentlichen eine Verschneidung des Modalitätseffektes (siehe Kapitel 3.7.) und der Grundannahmen zu den kognitiven Theorien von Sweller (siehe Kapitel 3.4.) und Mayer (siehe Kapitel 3.5.).

Viele der Argumente für die Verwendung von Lernvideos basieren auf Ergebnissen von Studien die auf das theoretische Modell der „*cognitive load theory*“ von Sweller und der „*cognitive theory of multimedialearning*“ von Mayer aufbauen welche wiederum beide das Modell des Arbeitsgedächtnisses vom Baddeley (u.A. 2009). Diese werden daher in den folgenden Kapiteln kurz näher beschreiben.

3.3. Multimedia, Multimodal, Multikodal – eine kurze Begriffsbeschreibung

An diesem Punkt ist es auch wichtig zunächst den Begriff „Multimedia“ etwas genauer zu definieren, da manch einer ein Video als Multimedialen Inhalt bezeichnen würde. Dazu schreibt Weidenmann (2002, 46):

„Als Medien sollten bezeichnet werden: Objekte, technische Geräte oder Konfigurationen, mit denen sich Botschaften speichern und kommunizieren lassen.“

Beispiele hierfür sind unter anderem Bücher, Videoanlagen aber vor allem auch PCs welche ja im Wesentlichen in der Lage sind, die Inhalte der ersten beiden Beispiele wiederzugeben. Medien werden von Weidenmann also wesentlich von sogenannten Kodierungs-, bzw. Symbolsystemen unterschieden. Als bekannteste Beispiele für Symbolsysteme nennt er unter anderem das piktorale und das verbale Symbolsystem. Hier ist aber die Art der Darstellung nicht die Art der Speicherung von Inhalten gemeint. Beispiele für verschiedene Kodierungen sind unter anderem Bilder, Texte und Zahlen. Die Sinnesmodalität, oder kurz Modalität, hingegen unterscheidet mit welchem Sinn ein medialer Inhalt aufgenommen wird. (vgl. Weidenmann, 2002). Diese Differenzierung erleichtert die Kommunikation über Medien-, und lernpsychologische Aspekte durch eine adäquate Erweiterung der Fachsprache. Leider wurde sie hauptsächlich von deutschsprachigen Autoren übernommen. So

bezeichnen Mayer (2014) und Paas & Sweller (2014) sowie etliche andere Autoren konsequent, nach der Definition von Weidenmann, monomediale Lernmaterialien als Multimedial, verwenden aber dann den Begriff multimodal um audiovisuelle Inhalte zu beschreiben. Im Folgenden wird daher für die Beschreibung der eigenen Arbeit die Definition von Weidenmann verwendet und bei Referenzen die jeweilige Terminologie des Autors.

Ein vertontes Video, in dem auch Text vorkommt und welches auf einem PC betrachtet wird wäre demnach also ein monomedialer, -weil nur ein technisches Medium verwendet wird- multikodaler -weil verschiedene Symbolsysteme verwendet werden- und multimodaler Inhalt -weil sowohl das auditive als auch das visuelle Sinnesorgan angesprochen werden-.

3.4. "Cognitive Load Theory" (CLT)

Die CLT nach Paas & Sweller (2014) beschäftigt sich mit der Aufnahme von biologisch sekundärem Wissen, also Wissen das explizit gelernt bzw. gelehrt werden muss, und die dafür nötigen Informationsverarbeitungsprozesse. (Die Theorie von biologisch primärem und sekundärem Wissen stammt von Geary u.A. 2008).

Die CLT geht von fünf Grundprinzipien aus um die kognitive Architektur des menschlichen Gedächtnisses zu beschreiben (vgl. Paas & Sweller, 2014, 29-35):

- Das **Informationsspeicherprinzip** besagt, dass Informationsverarbeitungssysteme einen sehr großen Informationsspeicher brauchen welcher im Menschen durch das Langzeitgedächtnis realisiert ist. „Lernen“ (nicht zu verwechseln mit Verstehen) bezeichnet eine Veränderung im Langzeitgedächtnis. Experten können auf einen großen Fundus an relevanten und vernetzten Informationen im Langzeitgedächtnis zurückgreifen und haben daher bessere Problemlösungsfähigkeiten als Anfänger in einem Gebiet.
- Das **Leih-, und Reorganisationsprinzip** geht davon aus, dass Menschen die Fähigkeit haben von anderen Menschen zu lernen. Diese Fähigkeit ist Teil des biologisch primären Wissens. Die CLT beschäftigt sich damit wie dieses Lernen unterstützt werden kann.
- **Zufall als Genese Prinzip:** Neues Wissen wird durch zufälliges Austesten von Möglichkeiten generiert
- Das **Begrenzung von Veränderung Prinzip:** Das Gedächtnis kann nur eine begrenzte Zahl von neuen Informationen miteinander verbinden und verarbeiten. Es kann nur fünf bis neun „chunks“ speichern (vgl. Miller, 1956) und 2 bis 4 gemeinsam verarbeiten. Dieses Gedächtnis wird ohne Wiederholung bzw. Verarbeitung der Inhalte nach etwa 20 Sekunden geleert (vgl.

Peterson & Peterson, 1959 und Cowan, 2005). (Die Größe des Arbeitsgedächtnisses ist nicht veränderbar aber Lernende können durch verschiedene Techniken Elemente so gliedern, dass mehr Information einem „*Chunk*“ zugeordnet wird und so das Arbeitsgedächtnis effektiv vergrößern (vgl. Mayer, 2014, 49))

- Das **Umweltorganisations- und Verbindungsprinzip**: Wird ein Teil der Information aus dem Langzeitgedächtnis verwendet, um eine angemessene Aktion in einer gegebenen Umgebung zu setzen, passiert dies auf fundamental andere Weise als wenn die Umgebung völlig neu ist. Dieses Prinzip bildet die Verbindung zwischen Langzeitgedächtnis, Arbeitsgedächtnis und einer passenden Aktion in einer gegebenen Umwelt und die theoretische Basis für Verständnis.

„Verstehen“ definieren Paas & Sweller (2014, 36) als die simultane Verarbeitung aller relevanten Elemente im Arbeitsgedächtnis. Da das Arbeitsgedächtnis begrenzt ist können neue Inhalte mit vielen Elementen nicht unmittelbar verstanden werden sondern müssen erst im Langzeitgedächtnis integriert und organisiert werden. Ist die Menge an neuen Informationen zu groß wird das Arbeitsgedächtnis überfordert und die Information geht verloren. Gehen auf diese Weise Informationen verloren, die essentiell für das Verstehen eines Lernobjekts sind, kann das Lernobjekt nicht verstanden werden. Aus instruktionspsychologischer Sicht ergeben sich daher mehrere Implikationen für die Gestaltung von Lernmaterialien. Die offensichtlichste davon ist, dass zu keinem Zeitpunkt mehr essentielle Informationen dargeboten werden sollen als der Lernende im Arbeitsgedächtnis verarbeiten kann. Die subjektive Zahl variiert aber und ist mitunter von den metakognitiven Strategien sowie vom individuellen Vorwissen abhängig

Die CLT basiert wie gesagt auf den oben genannten Annahmen zum menschlichen Gedächtnis und unterscheidet beim Lernen drei Arten von „*cognitive load*“ also kognitiver Belastung: *intrinsic*, *extraneous* und *germane cognitive load* (vgl. Paas & Sweller, 2014, 36).

- Der ***intrinsic cognitive load*** beschreibt die Komplexität der Information und leitet sich direkt aus der „*element interactivity*“ ab, also wie viele Elemente simultan verarbeitet werden müssen um das jeweilige Lernobjekt zu verstehen. Der *intrinsic cognitive load* kann durch eine Veränderung des Lernobjektes oder das Vorwissens des Lernenden reduziert werden. Hierbei handelt es sich um kognitive Belastung, die dem Lernobjekt selbst anheim und somit selten vermeidbar ist. Die „Didaktische Rekonstruktion“ (siehe Kircher, 2006) stellt beispielsweise ein häufig verwendetes Instrument zur Analyse und anschließenden Elementarisierung eines Lernobjektes dar, wodurch der *intrinsic load* quasi auf kleinere

bewältigbare Teile aufgeteilt wird und so gegenüber dem Gesamtobjekt besser verarbeitbar ist.

- Der ***extraneous cognitive load*** beschreibt kognitive Belastungen, die rein durch die Art der Übermittlung (einschließlich externer Bedingungen wie Lärm/Ablenkungen) von neuer Information entsteht, und hemmt die Wissensaneignung, da das Arbeitsgedächtnis mit nicht lernrelevanten Informationen beschäftigt ist. Er hat nichts mit dem Lernobjekt selbst zu tun und ist beim Konzipieren von Lernmaterialien und in Lernsituationen daher ehestens zu minimieren.
- ***Germane cognitive load*** beschreibt die Ressourcen im Arbeitsgedächtnis welche der Verarbeitung des *intrinsic cognitive load* gewidmet sind. Je höher der *germane cognitive load* ist desto effektiver ist eine Instruktion bzw. ein Lehr-bzw. Lernmittel.

3.5. „Cognitive theory of multimedia learning“ nach Mayer

Der Autor möchte an dieser Stelle bemerken, dass Mayer in seiner „*cognitive theory of multimedia learning*“ einige Begriffe definiert, deren Bedeutung sich mit Begriffen der CLT decken was auch Mayer selbst zugibt: „Generative processing is analogous to germane cognitive load in cognitive load theory...“ (Mayer, 2014, 60). Dies trifft auch auf verschiedene andere Bereiche der Theorie wie den Kohärenzeffekt, „*spatial contiguency*“, und das „*temporal contiguency principle*“, zu welche Überschneidungen zu dem *redundancy*-, und dem *split attention principle* aufweisen. Die Theorie von Mayer stellt somit einen guten Überblick bzw. eine verbindende Sammlung von Effekten dar welche aber zum Teil von andern Autoren ausführlicher behandelt werden. Im Folgenden werden aber nur jene Elemente Mayers Theorie behandelt, welche der CLT bzw. den anderen hier beschriebenen Prinzipien nach Meinung des Autors etwas Wesentliches hinzuzufügen haben.

Mayer (2014) sagt das seine *cognitive theory of multimedia learning* auf vier wissenschaftlichen Prinzipien aufbaut: Theoretische Plausibilität, Testbarkeit, empirische Plausibilität und Anwendbarkeit (vgl. Mayer, 2014, 46). Also, dass sie auf Basis theoretischer Modelle Vorhersagen erlaubt, die unter den Gütekriterien der Wissenschaftlichen Praxis überprüft werden können und die mit empirischen Nachweisen relevante Ergebnisse für die Verbesserung multimedialer Lernmaterialien ermöglichen. Dabei geht Mayer von drei Grundannahmen aus: der Zweikanalannahme, der Annahme von der begrenzten Kapazität der Informationsverarbeitung und der Annahme der aktiven Verarbeitung von Information.

Die ersten beiden Annahmen basieren auf den Modellen des Arbeitsgedächtnisses von Paivio, Baddeley und Sweller und weisen dementsprechend starke parallelen zur CLT auf. Sie besagen im Wesentlichen, dass eine Aufteilung auf den auditiven und den visuellen Kanal eine effizientere Nutzung des Arbeitsgedächtnisses ermöglicht. Eine Ergänzung zur CLT stellt die Annahme der aktiven Verarbeitung dar, welche stärker auf die mentalen Repräsentationen und deren Bildung eingeht als die CLT und diese somit um einen Aspekt erweitert.

Mayer nennt als Ziel von Lernen: „die Konstruktion kohärenter mentaler Modelle/Repräsentationen (auch Wissenskonstrukte)“. Die drei kognitiven Prozesse, die nach Mayer an dieser Konstruktion beteiligt sind, sind die Auswahl relevanter Informationen, die Organisation dieser Informationen und die Integration in bestehendes Wissen. Beim Selektionsprozess nimmt der Lernende durch Lenkung seiner Aufmerksamkeit Informationen ins Arbeitsgedächtnis auf. Dort werden durch Organisation Verbindungen zwischen den verschiedenen Elementen hergestellt. Danach werden die so verbundenen Informationen wiederum mit Informationen im Langzeitgedächtnis verknüpft, dies wird auch Integration genannt (vgl. Mayer, 2014, 51-52). Diese Prozesse sind schematisch in Abbildung 3.1. dargestellt.

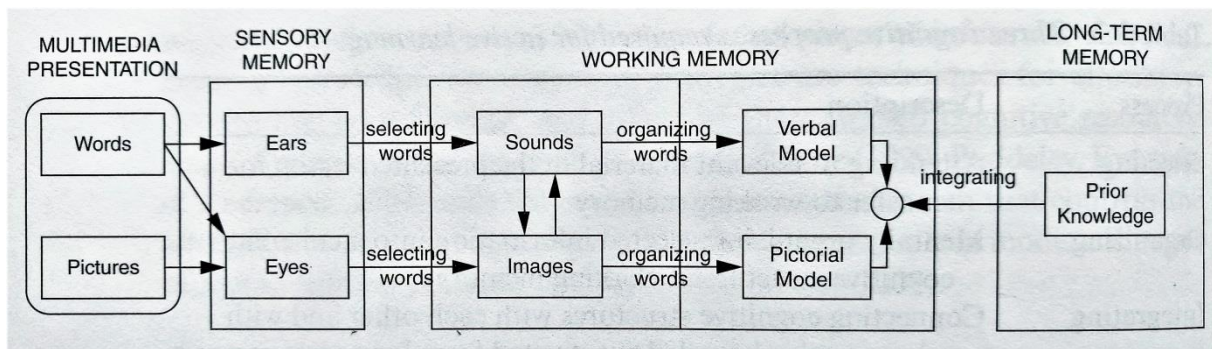


Abbildung 3.1.: Kognitives Gedächtnismodell mit dualer Verarbeitung (nach Mayer, 2014, 52)

Dem Arbeitsgedächtnis kommt dabei eine besondere Rolle zu, da es der einzige Wissensspeicher ist, der bewusste Manipulation von Information erlaubt. Das bedeutet, dass jegliche Form von mentalen Konstruktions-, und Erinnerungsprozessen im expliziten Lernen im Arbeitsgedächtnis stattfindet (vgl. Mayer, 2014, 55). Nach Mayer (2014) finden beim Lernen fünf verschiedene Prozesse statt: Auswahl von Wörtern und Bildern, Konstruktion verbaler und piktoraler Modelle und die Integration dieser Modelle. Darüber hinaus nennt er einen weiteren, sechsten, Prozess des „*encodings*“, welcher die Übertragung des neuen Konstrukts ins Langzeitgedächtnis darstellt.

In seiner Zusammenfassung weist Mayer (2014) darauf hin, dass die motivationalen und metakognitiven Aspekte des Lernprozesses und insbesondere deren Auswirkung auf die Effizienz von Multimedialen Lernmaterialien ein noch wenig erforschtes Gebiet sind und sieht in diesem Gebiet

somit ein wichtiges zukünftiges Forschungsfeld der Medien und Lernpsychologie. (vgl. Mayer, 2014, 65-66)

Aufbauend auf den beiden Theorien von Mayer und Sweller wurden verschiedene Effekte erforscht welche die Effektivität multimedialer Inhalte beeinflussen. Im Folgenden werden die, für Lernvideos, relevantesten näher beschrieben. Da im Anfängerpraktikum hauptsächlich neues Wissen an Physik-Anfänger vermittelt wird beziehungsweise altes Wissen mit neuem verbunden und es sich bei fast allen Beispielen um Inhalte hoher Komplexität handelt, ist es grundsätzlich besonders wichtig, den *extraneous cognitive load* der Lern-, und Vorbereitungsmaterialien zu minimieren. Daher wird am Ende jedes Sub-Kapitels über die Effekte die daraus abgeleitete Konsequenz für die Entwicklung von Lernvideos zusammengefasst.

Das Multimediaprinzip nach Mayer (2001), welches besagt, dass Lernen mit bildlichen und verbalen Inhalten effektiver ist als nur mit Text sei, wird hier nicht näher behandelt, da sich weniger unmittelbare Konsequenzen für die Entwicklungsarbeit dieses Diplomprojektes ableiten lassen. Wichtig ist auch anzumerken, dass „Multimedia“ oft nicht nach der Definition von Weidenmann (2002) verwendet wird, da viele Untersuchungen sich im Wesentlichen nur eines Mediums und oft auch nur einer Modalität bedienen. Butcher (2014) gibt eine ausführliche Übersicht über die erforderlichen Rahmenbedingungen und die Ergebnisse verschiedener Studien zum Multimediaprinzip.

3.6. „Split Attention Principle“

Das „split attention principle“ nach Ayres und Sweller (2014) ist in zweierlei Hinsicht relevant für diese Arbeit. Einerseits als grundlegendes Argument für den Einsatz von Videos in bestimmten Lernsituationen, in denen die enthaltenen Informationen ansonsten von den Lernenden zusammengetragen und miteinander in sinnvoller Weise verbunden werden müssten. Andererseits als klares „Design Prinzip“ für die Produktion von Videos, um dem „*split attention effect*“ vorzubeugen. Bei Studien zum Split-Attention Effekt wurden auch andere Effekte entdeckt welche allerdings wegen ihrer unterschiedlichen Ursachen gegen den *split attention effect* abgegrenzt wurden.

Der *split attention effect* tritt dann auf wenn Lernende mit Medien, die räumliche oder zeitliche Trennung relevanter Informationen für den Lerngegenstand aufweisen, einen geringeren Lernerfolg aufweisen als jene bei denen die Informationen räumlich oder zeitlich integriert, also nahe beieinander, sind. Ayres und Sweller (2014) beschreiben den *split attention effect* aufbauend auf der

cognitive load theory als gesteigerte Anforderung an den Lernenden, wenn Informationen auf mehrere Quellen verteilt werden. Diese Verteilung kann dabei räumlicher oder zeitlicher Natur sein, wobei die getrennten Teile aber alle relevant für das Verständnis des Lerninhaltes sein müssen. Dies steigert den *extraneous cognitive load*, da die Informationen erst auf höherer kognitiver Ebene miteinander verbunden werden müssen. Sind Medien nach dem *split attention principle* produziert, wird das Arbeitsgedächtnis weniger durch, für das Lernobjekt irrelevante, Such-, und Zuordnungsaufgaben belastet und hat mehr Kapazitäten zur Schemabildung. Diese Schemabildung wird dem „*germane*“ (zu Deutsch: „passendem oder relevanten“) *cognitive load* zugeordnet. Um den *split attention effect* zu beobachten dürfen die verschiedenen Inhalte in Bezug auf das Lernobjekt nur in Verbindung miteinander einen Sinn ergeben. Ist ein Teil der Information redundant wie eine offensichtliche Beschreibung einer visuellen Information kommt es zum Redundanzeffekt welcher später beschrieben wird. Sweller führte zusammen mit anderen Wissenschaftlern eine Reihe von Experimenten durch), bei denen Lernende mathematische und physikalische Arbeitsaufgaben anhand von Diagrammen und Texterklärungen lösen sollten. Dabei konnte belegt werden, dass das integrierte Format (Textpassagen an den betreffenden Stellen im Diagramm) gegenüber dem konventionell räumlich getrennten (Diagramm mit Text darunter) und einem Problemlösungsansatz dahingehend, dass die Aufgaben schneller und mit weniger Fehlern gelöst wurden, überlegen waren (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 209).

In einer weiteren Studie von Mayer et. al. (1995) wurden einer Gruppe von Lernenden mit unterschiedlichem physikalischen Vorwissen Lernmaterialien zur Entstehung von Blitzen gegeben. Eine Gruppe erhielt diese im integrierten Format also mit angrenzenden Text Informationen zu den betreffenden Bildern während die andere den Text und die Bilder in zwei getrennten Büchern erhielt. In diesem Experiment schnitten nur Lernende mit niedrigem Vorwissen bei Problemlösungstests besser ab (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 211). Dieser Effekt ist als „*expertise-reversal*“ Effect bekannt und wird in einem späteren Kapitel näher beschreiben.

In einem anderen Experiment von Moreno und Mayer (1999) wurden drei Gruppen untersucht, wobei die erste Gruppe Diagramme mit Beschreibungen am unteren Bildschirmrand erhielt, die zweite Diagramme mit Beschreibungen unmittelbar neben dem betreffenden Diagrammbereich und eine dritte Gruppe, bei der der Text durch eine Audiobeschreibung ersetzt wurde. Die dritte Gruppe erzielte bei einem verbalen Erinnerungs- und Transfer-test die besten Ergebnisse (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 212). Dieser Effekt wird als Modalitätseffekt bezeichnet und ebenfalls in einem späteren Kapitel näher beschrieben.

Ayres und Sweller (2014) erwähnen auch, dass nicht nur die unmittelbare Relevanz der Elemente für das Verstehen des Lernobjekts, sondern auch die „*element inactivity*“, also die Zahl der Elemente

die gleichzeitig vom Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden müssen, einen Einfluss auf den *split attention effect* hat. Die *element interactivity* wird dem *intrinsic cognitive load* der CLT zugeordnet. So müssen zum Beispiel sehr einfache Inhalte auch bei einer Aufteilung auf verschiedene Medien nicht zwingend einen *split attention effect* bewirken, weil nur wenige Elemente gleichzeitig verarbeitet werden müssen (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 214).

Eingangs wurde erwähnt, dass auch eine zeitliche Trennung von lernrelevanten Informationen zum *split attention effect* führen kann. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der Lerngegenstand nur verstanden werden kann, wenn Elemente des Langzeitgedächtnisses ad hoc mit neuen Informationen verbunden werden was zu einer weiteren Belastung des Arbeitsgedächtnisses führt (vgl. ebd., 216). Können Elemente im Arbeitsgedächtnis keinen Elementen im Langzeitgedächtnis zugeordnet werden, werden diese gegebenenfalls vergessen, bevor die Elemente wahrgenommen werden, welche die Verbindung herstellen. Ein absichtliches Behalten der Elemente im Arbeitsgedächtnis beansprucht dieses solange, bis die nötigen Informationen dargeboten werden. Sagt man einem Lernenden in einer anspruchsvollen Lernsituation also z.B: „Diese Information ist erst in fünf Minuten wichtig“ hat er sie bis dahin vergessen (siehe „*transient Information*“ weiter unten) oder die Informationsverarbeitung ist in der Zwischenzeit gehemmt.

Mayer hat dazu verschiedene Studien durchgeführt (siehe Ayres & Sweller, 2014, 216-217) bei denen gesprochene Erklärungen vor, nach oder zeitgleich mit bildlichen Informationen oder Animationen dargeboten wurden. In allen diesen Studien erzielten die Gruppen mit zeitgleicher Darstellung bei Problemlösungsaufgaben (Transferaufgaben) die besten Ergebnisse. Allerdings ließ sich der Effekt weniger häufig bei reinen Behaltenstests feststellen (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 216-217).

Sweller et al. (2011) verbinden dies auch mit dem „*transient information effect*“ welcher besagt, dass die Lernleistung reduziert wird, wenn vorübergehende Information (z.B. ein Bild in einem Film oder ein Satz in einem Gespräch) verschwindet, bevor sie verarbeitet werden kann, und dass dieser Effekt zusammen mit einer hohen *element interactivity* oder eine zeitlichen Verschiebung in der Darbietung den *extraneous cognitive load* stark erhöht (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 217).

Ayres & Sweller (2014) schlagen auch andere Alternativen als räumliche Nähe von Inhalten vor, um dem Split-attention-Effekt vorzubeugen: Zum einen die Steuerung der visuellen Aufmerksamkeit, beispielsweise durch die Farbkodierung korrespondierender Elemente oder Markierungen mit Zahlen, zum anderen Hypertextstrategien, bei denen Elemente eines Textes oder Diagramms ein „*pop-up*“ mit zusätzlicher Information öffnen. Dieses Format hat teilweise sogar bessere Lernleistungen gebracht als das integrierte Modell. Einer Metastudie von Ginns (2006) nach war die

Effektstärke von integrierten gegenüber nicht integrierten Lernmaterialien mit einem Cohens d-Wert hoch mit 0,85 (vgl. Ayres & Sweller, 2014, 217).

Zusammenfassend gilt, dass der *split attention effect* nur dann auftritt, wenn subjektiv komplexe Inhalte (hohe *element interactivity*), von denen alle einzelnen Elemente für sich allein keinen Sinn ergeben, zeitlich oder räumlich getrennt dargeboten werden. Hierbei wird keine Aussage über die Notwendigkeit von Lernstrategien gemacht, die es Lernenden ermöglichen, getrennte Informationen zu integrieren. Lernende an Hochschulen werden oft in Situationen kommen, wo es unvermeidbar ist verschiedene Inhalte miteinander zu verbinden. Allerdings muss in einem Lernumgebungsdesign die Frage gestellt werden, ob die Aneignung solcher Fähigkeiten Ziel bzw. Inhalt einer Lernsituation ist und wenn ja, ob es nicht besser ist, diese gezielt explizit und nicht prozedural implizit zu bearbeiten. Hier ist auch festzuhalten, dass diese Lernstrategien keinen Einfluss auf die Leistung des Arbeitsgedächtnisses haben, sondern nur im Rahmen der Möglichkeiten eine optimale Verwendung desselben ermöglichen.

In Bezug auf die Ergebnisse zum *split attention effect* liegt das Potential der Entwicklung von Lernvideos darin, gewisse Informationskomplexe zu entzerren. Durch das „Auslagern“ der Textinformation auf den auditiven Kanal können viele dieser Elemente integriert werden und es bleibt mehr Kapazität zum Verarbeiten der anderen visuellen Informationen (siehe dazu auch Modalitätseffekt weiter unten). So können zum Beispiel umfangreiche Geräteanleitungen, welche sich oft über viele Seiten erstrecken und viele (oder zu wenige) Abbildungen aufweisen, durch ein Video ersetzt oder ergänzt werden. Eine Integration von kleinen Videosegmenten als Veranschaulichung oder weiterführende Information per Hyperlink in eine PDF-Anleitung, wie sie im Anfängerpraktikum verwendet werden, könnte entsprechend der Ergebnisse von Sweller auch gewinnbringend sein. Wird bei einer Versuchsreihe ein neues Gerät verwendet, so könnten Studierende am PC oder einem mobilen Gerät die jeweils relevanten Abschnitte eines Instruktionsvideos abrufen. Da durch dieses Format ein unmittelbarer Zugang zum Gerät hergestellt wird, müssen die Studierenden nicht erst die relevanten Teile in der Geräteanleitung suchen und diese auf den Versuch bzw. das Gerät umlegen. Solch eine Hypertextumsetzung wäre auch im Bereich des Theoriewissens eine Möglichkeit dem „*expertise reversal effect*“ (siehe Kapitel 3.10.) vorzubeugen, da die Lernenden selbst entscheiden, ob sie die Zusatzinhalte benötigen und das Lernmedium sich so dem Vorwissen anpassen lässt.

Als direkte Konsequenz für die Produktion von Lernvideos lassen sich folgende Designprinzipien ableiten:

- Alle in einer Sequenz sichtbaren Elemente sollten für das Lernobjekt relevant und miteinander sinnmäßig verbunden sein.
- Miteinander verbundene Elemente sollten im Bild nahe beieinander oder durch visuelle Elemente (siehe „*cueing principle*“ weiter unten) leicht einander zuordenbar sein.
- Zusammengehörende Elemente sollten im Video zeitlich möglichst unmittelbar aufeinander folgen. Inhalte, die an mehreren Stellen relevant sind, sollten gegebenenfalls wiederholt werden.

3.7. Modalitätseffekt

Der Modalitätseffekt (auch „*modality principle/effect*“) nach Low & Sweller (2014) ist ein Lerneffekt, der eine Lernsituation beschreibt, in der eine multimodale Informationspräsentation effektiver ist als eine monomodale. Der Effekt rührt von der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für jeden Informationskanal her, ist eine Ableitung aus dem *split attention principle* und entsteht unter denselben Voraussetzungen wie dieses (vgl. Low & Sweller, 2014, 227). Daher ist hervorzuheben, dass die in dem Kapitel zum *split attention effect* erwähnten Untersuchungen bis auf die Studie von Moreno & Mayer (1999) nur die Effekte von monomodalen, also in diesem Fall visuellen, Lernmaterialien untersucht haben. Neuere gedächtnispsychologische Theorien gehen nicht nur von getrennten Langzeitspeichern für visuelle und verbale Information, sondern auch von einem mehrteiligen Arbeitsgedächtnis aus. Beispiele dafür sind die Dual-Encoding-Theorie von Paivio (1986) oder das dreiteilige Modell von Baddely & Hitch (1974), wonach das Arbeitsgedächtnis aufgeteilt ist in eine zentrale Kontrolleinheit (*central executive*) mit begrenzter Aufmerksamkeitsfähigkeit, welche darüber entscheidet, wie kognitive Ressourcen verteilt werden, und zwei Subsysteme, den phonologischen Loop (*phonological loop*) und den räumlich-visuellen Skizzenblock (*visiospatial sketchpad*) (vgl. Low & Sweller, 2014, 229).

Aufgaben beziehungsweise Gedächtnisprozesse, die dieselbe Modalität verwenden, wie zum Beispiel gleichzeitiges reden und zuhören, interferieren im Arbeitsgedächtnis miteinander. Dies wurde häufig mit sogenannten „*shadowing*“ Tests untersucht, bei denen Probanden verschiedene Aufgaben erfüllen mussten, während sie einen Text aufsagen. Viele Studien (siehe Low & Sweller, 2014, 232) sind zu dem Ergebnis gekommen, dass die Leistung dabei nur dann signifikant nachließ, wenn die dieselbe Sinnesmodalität mehrfach beansprucht wurde. Dies gilt nicht nur für visuelle Information in

Form von Bildern sondern auch Wörtern. Aufbauend auf den Annahmen, dass es zwei modal getrennte Verarbeitungsinstanzen im Arbeitsgedächtnis gibt und, dass Informationen gleicher Modalität aufgrund des geringen Speichervermögens miteinander interferieren, kann man davon ausgehen, dass eine simultane Nutzung der beiden Instanzen eine vom Umfang her gesteigerte Informationsverarbeitung ermöglicht (vgl. Low & Sweller, 2014, 233).

Mousavi et. al. (1995) haben, aufbauend auf dem Experiment zum Split-attention-Effekt, eine Reihe von Experimenten zum Modalitätseffekt durchgeführt, welche alle zu dem Ergebnis kamen, dass eine audiovisuelle Darbietung von Informationen zu besseren Ergebnissen führt als eine rein visuelle. Dies führten sie allerdings nur auf die geringere Belastung der beiden Instanzen des Arbeitsgedächtnisses zurück, da auch bei einer sukzessiven Darbietung der auditiven und visuellen Informationen die gleichen Ergebnisse wie bei der simultanen erzielt wurden (vgl. Low & Sweller, 2014, 236). Eine weitere Reihe von Experimenten mit Instruktionsmaterial zu Elektrotechnik kam zu den gleichen Ergebnissen (vgl. Tindall-Ford et al. 1997). Allerdings ist der Effekt, wie beim Split-attention-Effekt, nur bei Material mit hoher *element interactivity* messbar und wird nach der Studie von Jeung, et al. (1997) durch den Einsatz von visuellen Indikatoren, welche darauf hinweisen, auf welchen Teil der visuellen Information sich die auditive Information bezieht, verstärkt (siehe Kapitel 3.10.). Interessant ist auch die Untersuchung von Kalyuga et. al. (2000) wonach audiovisuelles Lernmaterial besonders bei Anfängern zu besseren Lerneffekten führt. Je mehr Expertenwissen der Lernende hat, desto mehr kehrt sich der Effekt ins Gegenteil um, da Teile der Information redundant werden (siehe Kapitel 3.9.). Bei Experten führt eine „vereinfachte“, nur visuelle Darbietung zu viel besseren Lernerfolgen als eine audiovisuelle (siehe Kapitel 3.10.) (vgl. Low & Sweller, 2014, 237).

Eine andere Reihe von Experimenten die von Mayer in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kollegen durchgeführt wurden (siehe Low & Sweller, 2014, 237) kamen auch zu dem Ergebnis, dass Studierende mit computerbasierten Lernmaterialien zu wissenschaftlichen Inhalten in Form von Bildern mit Audioerzählungen bessere Leistungen erzielten als Studierende, die Bilder mit Text verwendeten.

Es wurden auch mehrere Metastudien durchgeführt, um die Effektstärke des Modalitätseffektes zu quantifizieren: Mayer (2005) verglich 21 computerbasierte Experimente und kam zu einer Effektstärke von $d=0.97$. Moreno (2006) verglich 46 Studien und kam zu dem Ergebnis, dass mit 62 % der Großteil der Effekte mit $0.75 < d < 1.71$ stark war. Ginns (2005) folgerte durch den Vergleich von 43 Studien, dass der Effekt besonders bei kognitiv anstrengenden Lernbedingungen stark ist, insbesondere dann, wenn es eine hohe *element interactivity* besteht oder der Lernende keine Kontrolle über das Tempo der Informationsdarbietung hat (vgl. Low & Sweller 2014, 238).

Es gibt aber auch Studien, die keinen, oder sogar einen umgekehrten Modalitätseffekt nachweisen konnten (vgl. Low & Sweller, 2014, 239). Allerdings verwendeten alle diese Studien lange oder

komplexe audiovisuelle Inhalte. Auf Basis der CLT lässt sich vermuten, dass es dabei zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses gekommen ist, da die Informationen nur kurz verfügbar waren und dennoch mit später folgenden Informationsteilen verknüpft werden mussten. Leahy & Sweller (2011) konnten beispielsweise einen negativen Modalitätseffekt wieder ins positive umkehren indem sie die Länge der audiovisuellen Einheiten reduzierten.

Bei der Bewertung der Ergebnisse von Untersuchungen zum Modalitätseffekt ist es allerdings immer wichtig, zu hinterfragen, unter welchen Bedingungen die Materialien dargeboten wurden, wie die Materialien designt wurden (vgl. Split-attention-Effekt) und ob Studierende, etwa durch Pausieren oder Wiederholen, Einfluss auf die Darbietung hatten, oder sich „berieseln“ lassen mussten. Während die Lernenden nämlich in manchen Studien das Tempo der Darbietung selbst kontrollieren konnten, hatten sie in anderen keinen Einfluss darauf, was eine höhere Anforderung an das Arbeitsgedächtnis bedeutet, da keine Pausen möglich sind und alle Elemente quasi sofort integriert werden müssen.

Da es sich bei fast allen Inhalten im Anfängerpraktikum um komplexe Lernsituationen handelt und viele Informationen miteinander verbunden und verstanden werden müssen, werden die nötigen Voraussetzungen für den Modalitätseffekt dahingehend als erfüllt angenommen. Wie der Name der Lehrveranstaltung schon sagt, kann davon ausgegangen werden, dass die Studierenden als „Anfänger“ besonders von audiovisuellen Materialien profitieren könnten. Die besonders hohen und durch Metastudien belegten Effektstärken sind somit ein starkes Argument für eine audiovisuelle Aufbereitung von Inhalten, welche Studierende traditionell als überfordernd empfinden. Ein Video könnte in diesem Sinne z.B. die Rolle eines erklärenden Betreuergesprächs einnehmen, sofern sich die Inhalte auf Probleme beziehen, welche im jeweiligen Praktikum immer wiederkehren und somit ein fester Bestandteil der Durchführung geworden sind (zum Beispiel das Durchbesprechen des Oszilloskops oder eines Versuchsaufbaus). Dadurch würden Betreuende entlastet werden und hätten mehr Zeit, um weiterführende Fragen zu beantworten. Insbesondere bei Inhalten, deren Verständnis stark von einer visuell-räumlich-dynamischen Vorstellung abhängt (z.B. Kinematische Vorgänge, Teilchensysteme), könnten Videos einen wertvollen Beitrag leisten. Der große Vorteil von audiovisuellem Material ist, dass es vielfältig einsetzbar ist. So kann beispielsweise die Audiospur ausgeblendet werden, wenn Studierende/Lehrende über die Visualisierung sprechen möchten, oder es können nur einzelne Bilder verwendet werden. Die Produktion von Lernvideos beinhaltet also quasi die Produktion von „herkömmlichen“ Text- und Bildinformationen, welche bei Bedarf (etwa eine reduzierte Darstellung für Experten) auch verwendet werden können.

Für die Produktion der Videos lassen sich folgende Regeln aus dem Modalitätseffekt ableiten:

- Videos sollten dort, wo es sinnvoll möglich ist, Audioinformationen, also einen Sprechtext beinhalten.
- Insbesondere dann, wenn die Inhalte sehr komplex sind, sollten die Videos nicht zu lange bzw. segmentiert sein und den Studierenden die Möglichkeit bieten, sie zu pausieren
- Videos sollten dort, wo es sinnvoll ist, bzw. wo besonders komplexe visuelle Informationen dargeboten werden, visuelle Hinweise haben, auf welchen Teil des Bildes sich die jeweilige Audioinformation bezieht (vgl. *split attention*; siehe auch „*cueing*“ weiter unten)

3.8. Redundanzeffekt

Das Redundanzprinzip (auch englisch „*redundancy principle/effect*“) besagt, dass dort, wo identische Informationen auf mehrere Arten gleichzeitig dargestellt werden, lernen behindert und nicht erleichtert wird, da das Arbeitsgedächtnis die redundante Information mit der essentiellen koordinieren muss. Der Effekt ist auch dahingehend bedeutsam, dass besonders beim Anfängerlernen oft instinktiv davon ausgegangen wird, dass eine vielfältige Darbietung der gleichen Information das Lernen erleichtert (vgl. Summentheorie, Kapitel 3.3.), weshalb Lernmaterialien für Anfänger immer noch viele (oft redundante) Bilder und Illustrationen beinhalten.

Eine der größten Herausforderungen beim Entwickeln von Lernmaterialien im Allgemeinen ist es, zu erkennen, welche Informationen redundant sind, vor allem auch, weil dies in vielen Bereichen vor allem vom Vorwissen des Lernenden abhängt.

Es gibt zwei Varianten des Effekts, die sich zum Teil überschneiden. Zum einen, wenn die Information gleichzeitig in mehreren Codierungsformen oder Modalitäten dargestellt wird (z.B. Bild eines Apfels mit der Bildunterschrift „Apfel“, oder das Wort „Apfel“ hören und lesen gleichzeitig), zum anderen, wenn zusätzliche Information dargestellt wird, welche nicht essentiell für den Lerngegenstand ist (zum Beispiel Fußnoten in einem Lernfilm) (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 248).

Wird zum Beispiel ein Text gelesen und gleichzeitig gehört, konzentriert sich der Lesende mehr darauf, dass Audio-, und visuelle Information übereinstimmen, als auf den Inhalt selbst. Gerät er mit dem Lesen ins Hintertreffen, kommt es zusätzlich zum zeitlichen Split-attention-Effekt, da eine Informationsart der anderen vorseilt (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 248). In solchen Situationen müsste ein Lernender sich bewusst dafür entscheiden, einen Informationskanal auszublenden, was kognitiv schwierig und bei Anfängern unwahrscheinlich ist, weil meist nicht genug Vorwissen

vorhanden ist, um zu erkennen, welche Informationen redundant sind. In jedem Fall wird dadurch das Arbeitsgedächtnis unnötig durch *extraneous cognitive load* belastet.

Forschung um den Redundanzeffekt wurde bereits vor der Entwicklung der CLT betrieben. Das gängige Testdesign dafür ist relativ simpel: Zwei Gruppen von Lernenden erhalten Lernmaterialien: eine mit redundanten Informationen, die andere auf Essentielle reduzierte. Erzielt die zweite Gruppe bessere Ergebnisse als die Erste, besteht ein Redundanzeffekt (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 249). Dieser Effekt steht nicht in direkter Verbindung zum Split-attention-Effekt und dem Modalitätseffekt und kann daher verwendet werden, um Materialien, die nach diesen Prinzipien entworfen wurden, weiter zu verbessern.

Eine der ersten Untersuchungen dazu wurde von Miller (1937) durchgeführt. Darin wurden einer Gruppe von Kindern beim Lesen Lernen Bilder zusammen mit Worten gegeben und einer anderen nur die Worte. Die Kinder, die nur die Worte bekommen hatten, erzielten anschließend bei Lesetests bessere Ergebnisse. Dies kann mit der CLT erklärt werden, da die visuelle Information eines Wortes für Leseanfänger viele zu koordinierende Elemente hat (jeden einzelnen Buchstaben) und jede zusätzliche Information, welche nicht relevant für das Erkennen des Wortes selbst ist (was das Ziel dieser Aufgabe war), das Arbeitsgedächtnis überlasten kann (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 250). Ein Mensch, der Lesen kann, erkennt ein Wort stets als Ganzes. Insofern kann Lesen auch als das Lernen einer metakognitiven „*chunking*“-Strategie gesehen werden. (siehe das Beispiel von Baddeley Kapitel 3.2.)

In einer Serie von zehn Experimenten kamen Reder & Anderson (1980, 1982) zu dem Ergebnis, dass Probanden einer Testgruppe, welche einen Text zum Lesen erhielten, welcher zusammengefasst war und nur ein Fünftel der Länge des Textes der Kontrollgruppe hatte, bei Fragen über den Inhalt des Textes und auch bei Fragen, welche Transferleistungen erforderten, bis zu einem Jahr danach immer noch bessere Ergebnisse erzielten (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 250).

Diverse andere Untersuchungen beschäftigten sich mit Redundanz von Bildern zu Texten, Redundanz bei vorhandener Ausrüstung bei einer Handlungsanforderung und Redundanz bei geschriebenem und gesprochenem Text. Ein besonders interessantes Beispiel ist das einer Studie von Chandler & Sweller (1991) welche eine Untersuchung durchführten, bei der Probanden Lernmaterial über den Lungen-Herz-Blutkreislauf gegeben wurde. Dabei wurde einmal der erklärende Text in das Diagramm, das mit Pfeilen und Bezeichnungen (z.B. Aorta oder Atrium) ausgestattet war, integriert und einmal darunter als Zusammenfassung gesetzt. In diesem Experiment, das ursprünglich den Split-attention-Effekt untersuchen sollte, wurde ein umgekehrter Effekt beim integrierten Material gemessen, da die Texterklärungen redundant zum Diagramm waren. Außerdem konnten die Lernenden den Text schwer kognitiv ausblenden, da er direkt neben dem Diagramm stand (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 252). Kalyuga & Sweller (2014, 253) betonen aber, dass jegliche Kategorie

von Informationen redundant sein kann und dass dies nur davon abhängt, was gelehrt werden soll. So konnten Chandler & Sweller (1996) in einer Studie, bei der Probanden ein Computerprogramm lernen sollten, zeigen, dass diese länger brauchten und schlechter abschnitten, wenn sie beim Lernen des Programms durch eine Anleitung auch das Computerprogramm verwenden konnten.

Es existiert auch eine Fülle an Studien, welche die Redundanz von gesprochenem und gelesenen Text untersuchen und alle zu dem gleichen Ergebnis kommen, dass besonders in Situationen, bei denen zusätzlich zum Text andere visuelle Informationen dargeboten werden, bessere Lernerfolge erzielt werden, wenn nur der gesprochene Text verwendet wird (vgl. Kalyuga & Sweller, 2014, 254-256).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass der Redundanzeffekt nur dann auftritt, wenn die verschiedenen Elemente auch jeder für sich verstanden werden können. Dies gilt sowohl dann, wenn die Elemente physisch getrennt sind, als auch wenn sie in einem integrierten Format vorliegen. Sind die Elemente physisch getrennt und nicht einzeln verständlich, handelt es sich um eine Split-attention-Bedingung. Die besondere Herausforderung ist es, für eine gegebene Lernumgebung herauszufinden, welche Informationen überflüssig sind oder nicht, da dasselbe Lernmaterial für bestimmte Situationen essentielle und für andere redundante Informationen enthalten kann. Hierbei bietet sich wiederum in Verbindung mit Videos an, Hypertextformate zu verwenden, welche ermöglichen, ein Lernmaterial an verschiedene Vorwissensniveaus anzupassen.

Die Ergebnisse der Studie von Chandler & Sweller (1996) sprächen dafür, den Studierenden in der Anfangsphase des Kennenlernens eines neuen Geräts ein Video von dessen Funktionsweise zu zeigen, *bevor* sie versuchen die ersten Messungen damit zu machen, da das Vorhandensein des Geräts in diesem Fall sowohl redundant als auch aufmerksamkeitssteigernd wirkt.

Aus dem Redundanzeffekt lassen sich vor allem weitere Vorgaben für die Videoproduktion ableiten:

- Es sollte möglichst kein Text, der am Bildschirm zu sehen ist, gleichzeitig in der Audiospur vorgelesen werden.
- Irrelevante und vor allem „dekorative“ Hintergrundelemente sind zu vermeiden. Im Idealfall sind nur jene Elemente zu sehen, die mit dem Inhalt in Verbindung stehen, der zum jeweiligen Zeitpunkt vermittelt werden soll.
- Information sollte nur dort, wo es Thema oder sinnvoll ist, in mehreren Kodierungsformen gleichzeitig präsentiert werden (Bilder, Symbole, Schrift etc.). Wird davon ausgegangen, dass die Zielgruppe eine Kodierungsform selbst in eine andere umlegen kann, sollte nur die aufgabenrelevanteste verwendet werden.

Wie zuvor erwähnt, können Experten nämlich oft mit reduzierten Formaten wie z.B. Skizzen besser lernen als mit sehr ausführlichen Materialien. Dies ist aber eine andere Form des Redundanzeffektes namens Expertise-reversal-Effekt.

3.9. „Expertise Reversal Effect“

Der „*expertise reversal effect*“ tritt auf, wenn Lernmaterial, welches für Anfänger effektiv, ist diese Effektivität bei Lernenden mit großem Vorwissen verliert. Wie zuvor erwähnt, kann man diesen Effekt als Sonderfall des Redundanzeffektes sehen, wobei die Informationen in diesem Fall nicht für das Verständnis des Lernobjektes an sich redundant, aber im Langzeitgedächtnis des Lernenden bereits in einer Form vorhanden und daher für den individuellen Lernprozess überflüssig sind. (vgl. Kalyuga 2014, 576)

Eine direkte Konsequenz dieses Effektes ist die Schlussfolgerung, dass die oben genannten Designprinzipien im Prinzip nur für Anfänger gelten, da bei Experten der Lernprozess ein völlig anderer ist, weil gleichzeitig zum Aufnehmen von Information ein Abgleich mit bereits vorhandener, möglicherweise identer Information stattfindet und daher eine instruktionelle Steuerung hinderlich sein kann.

Allerdings gibt es auch Studien (Schnotz und Rasch 2005; Kalyuga 2008) die zu dem Ergebnis kamen, dass Lernende mit größerem Vorwissen mit dynamischen audiovisuellen Medien (wie zum Beispiel Filmen und Animationen) bessere Lerneffekte erzielten als Anfänger, was sich dadurch erklären lässt, dass Experten weniger zu kognitiver Überlastung durch vorübergehend verfügbare Informationen neigen, weil diese bereits ins Langzeitgedächtnis integriert sind und daher nicht im Arbeitsgedächtnis behalten werden müssen (vgl. Kalyuga, 2014, 586).

Kalyuga (2014) betont, dass sowohl bei longitudinalen als auch bei Querschnittstudien der Effekt nur dann gemessen werden konnte, wenn die Lernaufgabe einen hohen *intrinsic cognitive load* zusammen mit einem *extraneous cognitive load* aufwies, welche gemeinsam die Kapazitäten von Anfängern wie Experten überstiegen. Dies bedeutet, dass sich die Optimierung der Effektivität von Lernmaterialien entsprechend den verschiedenen Niveaus an Vorwissen äußerst schwierig gestaltet - unter anderem deswegen, weil es selten geeignete Messinstrumente zur Feststellung des Vorwissens in spezifischen Wissens- und Aufgabengebieten gibt (vgl. Kalyuga, 2014, 587-588).

Kalyuga (2014) räumt aber ein, dass spezifischere Tests durchgeführt werden sollten, um sicher zu stellen, dass sich der Erklärungsansatz, der von kognitiver Überlastung ausgeht, sich von Erklärungen, welche auf affektiven, motivationalen Faktoren basieren, abgrenzen lässt. Das bedeutet, dass

sichergestellt werden muss, dass der ausbleibende Lernerfolg nicht durch z.B. Langeweile verursacht wurde. Weiters könnte der *expertise reversal effect* in ein grundlegendes Modell integriert werden, welches berücksichtigt, dass die dominanten kognitiven Prozesse Lernender mit verschiedenen Niveaus an Vorwissen sich maßgeblich unterscheiden. Während Anfänger mehr mit der Konstruktion von Schemata beschäftigt sind und wenige relevante Strukturen im Langzeitgedächtnis besitzen, haben Experten bereits vielseitige Schemata gespeichert, werden durch grundlegende Informationen eher abgelenkt und können daher keine Schemata höherer Ordnung entwickeln (vgl. Kalyuga 2014, 589-590).

Da Videos sich vom Inhalt her nicht ad hoc an Vorwissen anpassen lassen, ist es wichtig, das Vorwissen der Zielgruppe bei der Produktion möglichst gut einschätzen zu können bzw. nur dort Videos zu produzieren, wo das möglich ist. Wie zuvor erwähnt, wird im Anfängerpraktikum davon ausgegangen, dass der Großteil der Studierenden für viele der Anforderungsgebiete im Praktikum als Anfänger einzustufen ist. Dies gilt aber nicht im Allgemeinen für alle Teilgebiete. Wie schon viele andere Autoren (u.a. Nagel 2009; Theyßen 2000; Zastrow 2001) festgestellt haben, besteht eines der Probleme im Anfängerpraktikum in den großen Niveauunterschieden im Vorwissen der Studierenden. Da der Großteil der Studierenden sich vor allem mithilfe der Anleitungstexte auf die Praktika vorbereitet, und diesen daher eine besondere Rolle im Ausgleich von mangelndem Vorwissen zukommt (vgl. Zastrow, 2001, 11), lässt sich für die Videos sagen, dass das darin enthaltene Wissen den Ausgangspunkt für das Niveau der Inhalte der Videos darstellen sollte. Videos sollten daher auch eher nur für solche Inhalte produziert werden, welche einem Großteil der Studierenden trotz eingehender Vorbereitung mit dem Anleitungstext (und ggf. dessen Verfügbarkeit vor Ort) Probleme bereiten.

3.10. „Signalling principle“

Das Signalprinzip (auch englisch „*signalling principle*“) besagt, dass mediales Lernmaterial effektiver ist, wenn die Lernenden visuelle Signale bekommen, die ihnen zeigen, welche Elemente relevant sind (vgl. auch Modalitätseffekt). Dies lässt sich auch direkt aus dem Schritt „selektieren“ der *cognitive theory of multimedia learning* nach Mayer (2014) ableiten. Instruktion und Erfahrung können Blickmuster beeinflussen. So lassen sich Experten eher nicht von hervorstechenden Elementen ablenken und können schneller aufgabenrelevante Informationen finden. Das bedeutet umgekehrt auch, dass Anfänger eher auf hervorstechende Elemente achten, auch wenn diese nicht aufgabenrelevant sind. Dies führt insbesondere bei vorübergehend verfügbaren Informationen (wie z.B. bei einem Film) dazu, dass die relevanten Elemente nicht rechtzeitig vom Arbeitsgedächtnis

erfasst werden können und daher verloren gehen. Signale können auch den *germane cognitive load* steigern, wenn sie die Organisation und Integration von Wissen erleichtern bzw. ermöglichen (vgl. Van Gog, 2014, 263).

Die Signale können dabei verschiedenster Form sein, etwa eine Farbkodierung in einem Text, ein Aufleuchten des relevanten Teils eines Diagramms, wenn der gesprochene Text sich darauf bezieht, ein Pfeil (welcher aber auch ein zusätzliches zu verarbeitendes Element darstellt) oder das Ausblenden der umgebenden Elemente, zum Beispiel durch Zoomen oder verblassen (vgl. Van Gog, 2014, 265-266). Aufgrund des Themas dieser Arbeit wird auf rein textbasierte Signale hier nicht eingegangen.

Während einige Studien positive Effekte von „*cueing*“ auf Behaltensleistung und zum Teil auch Transferleistung feststellten, konnten andere Untersuchungen nur geringe oder keine Auswirkungen messen. Allerdings war das Studiendesign in diesen Fällen so konzipiert, dass die kognitive Belastung eher gering war, da die Elemente entweder stark fragmentiert und/oder lernergesteuert waren oder nur bestimmte Textlabels die Farbe änderten, während sie im gesprochenen Text erwähnt wurden. Dies deutet darauf hin, dass ein Signaleffekt nur dann erreicht wird, wenn ansonsten viele Elemente im Arbeitsgedächtnis koordiniert werden müssen und der Lernende Informationen zu einzelnen Elementen nicht selbstständig abrufen kann (vgl. Van Gog, 2014, 268-269).

Bezogen auf den Modalitätseffekt ist anzumerken, dass eine Studie von Jeung et al. (1997) zu dem Ergebnis kam, dass in Situationen mit hohen visuellen Suchanforderungen gesprochener Text mit Bildern nur dann Bildern mit Text überlegen war, wenn Signale verwendet wurden, und dass der Signaleffekt, aber nicht der Modalitätseffekt, verschwindet, wenn es keine hohe visuelle Suchanforderung gibt (vgl. Van Gog, 2014, 269).

Für die Videoproduktion bedeutet das, dass dort, wo es für die Vermittlung eines Inhalts oder eines Konzepts unvermeidbar ist, viele Elemente in einem Bild anzuzeigen, beispielsweise bei einem ein Gerät mit vielen Knöpfen, visuelle Indikatoren zu verwenden sind, um zu verdeutlichen, welche Elemente die momentan relevanten sind, und den Betrachtern die Such-, und Koordinationsbelastung abzunehmen oder zu erleichtern. Wird etwa ein komplexerer Inhalt in mehrere Teile oder Schritte unterteilt, wobei aber alle ein visuell herausforderndes Konstrukt betreffen (z.B. Visualisierungen von Mehrteilchensystemen), kann es hilfreich sein, die für den jeweiligen Schritt nicht relevanten Elemente/Bereiche auszublenden.

Zusammenfassung

Aus diesem und den vorangegangenen Kapiteln lässt sich zusammenfassend ableiten, dass das primäre Ziel bei der Gestaltung medialer Lernmaterialien die optimale Ausnutzung der Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses ist. Dabei gilt es, zu beachten, dass das im Langzeitgedächtnis gespeicherte Vorwissen ebenfalls die Effektivität beeinflussen kann. Die Messung des Vorwissens insbesondere für komplexere Wissens- und Tätigkeitsbereiche gestaltet sich aber schwierig und ist daher für bestimmte Projekte eher ungeeignet.

Für Anfänger gilt aber, dass dynamische mediale Lernmaterialien dann am effektivsten sind, wenn sie:

.... nur die für den Lernenden und für das konkrete Lernziel minimal nötigen Informationen (Redundanz, *expertise reversal*) und Signale (*signalling effect*) enthalten.

...diese Informationen auf mehrere Modalitäten verteilen (Modalitätseffekt).

...die inhaltlich zueinander gehörenden Elemente/Informationen einander räumlich und zeitlich nahe sind (*spatial/temporal contiguity* bzw. *split-attention*).

4. Methoden

Bei der Analyse des Handlungsbedarfs sollten vor allem empirisch messbare Ergebnisse im Sinne eines „*learning outcomes*“ im Vordergrund stehen. Handlungsbedarf ist immer dort gegeben, wo bei Einsatz der vorhandenen Mittel und Methoden eine Diskrepanz zwischen Soll und Ist in den Kompetenzen, Fähigkeiten und Wissensständen der Lernenden besteht. Daher sollten die Ziele auch so formuliert sein, dass eine empirische Messung nach Methoden der quantitativen Sozialforschung möglich ist. Ein solcher Bedarf kann durch Fragebögen und Interviews mit Lehrenden oder Lernenden erhoben werden (vgl. Zumbach, 2010, 35).

Zusammenfassend lässt sich das Ziel dieses Projektes folgendermaßen eingrenzen:

- Basierend auf den Argumenten in Kapitel 2 und 3 sollen Lernvideos für das physikalische Anfängerpraktikum konzipiert und produziert werden.
- Für die Inhalte und Themen der Videos soll vorab eine Bedarfserhebung und Themeneingrenzung auf jene Bereiche erfolgen, deren Bearbeitung im Praktikum die größten Defizite aufweist.
- Der Effekt der Videos soll durch eine kriterienbasierte Evaluation gemessen und umfassend statistisch ausgewertet werden.

Die zur Erreichung dieser Ziele angewandten Methoden werden in diesem Kapitel beschrieben.

4.1. Bedarfserhebung

Aufgrund des mit umfangreicheren Methoden wie dem GRAPHCET verbundenen sehr großen Aufwands wurde in dieser Arbeit eine andere Methode zur Analyse des Praktikumsverlaufs und der Bedarfserhebung durchgeführt. Unter anderem auch deswegen, weil diese in den Sommerferien stattfand und es sich daher außerordentlich schwierig gestaltet hätte, sowohl Betreuende als auch Studierende zu einer Gruppendiskussion zusammenzuführen und anschließend daran eine quantitative Befragung durchzuführen, wie es z.B. Mühlenbruch et. al. (2014) taten. Mühlenbruch et. al. (2014) führten mit diesem Werkzeug eine Untersuchung an der Freien Uni Berlin durch und kamen für das dortige naturwissenschaftliche Praktikum nach Konsensbildung zwischen Studierenden und Lehrenden zu dem Ergebnis, dass unter anderem folgende Punkte im Praktikum die größten Probleme bereiteten (vgl. Mühlenbruch et al. 2014, 1):

- Zu geringes physikalisches Vorwissen der TeilnehmerInnen.
- Zu geringe Experimentier- und Gerätekenntnisse der TeilnehmerInnen.
- Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor.

Bei einer anschließenden quantitativen Erhebung stellte sich der dritte Punkt als besonders wichtig heraus. Dieses Ergebnis passt in gewissen Bereichen zu den weiter unten genannten Ergebnissen der Bedarfsanalyse, welche nur mit dem Betreuungspersonal und der Praktikumsleitung durchgeführt wurde. Für zukünftige Weiterentwicklungen dieses Diplomprojekts sollten aber nach Möglichkeit auch Studierendenperspektiven in die Bedarfserhebung einbezogen werden. Für diese Arbeit sind sie im Mindestmaß durch die eigene Erfahrung des Autors im Anfängerpraktikum und dessen iterative Entwicklung der Konzepte mit der Praktikumsleitung einbezogen.

Die Bedarfserhebung für die Produktion von Lernvideos im Allgemeinen wurde in Form einer lernpsychologisch-didaktischen Argumentation und einer Analyse der gegenwärtig vorhandenen multimedialen Inhalte in den Kapiteln 2 und 3 durchgeführt.

Die Bedarfserhebung für die Inhalte der Videos im speziellen erfolgte durch leitfadengestützte episodische Experteninterviews (vgl. Lamnek, 2010, 331) mit den beiden Leitern des Anfängerpraktikums, Dr. Nagel und Dr. Markowitsch, und vier weiteren Betreuungspersonen, welche langjährige Erfahrung bei der Betreuung der verschiedenen Experimente aufweisen. Ein weiterer Betreuer war im Zeitraum der Befragungen nicht verfügbar, gab aber einen schriftlichen Kommentar dazu ab.

Lamnek (2010, 331) nennt als Grundlage für episodische Interviews, dass die Interviewsubjekte über folgende zwei Arten von Wissen verfügen:

„Bei der ersten Form handelt es sich um das narrativ-episodische Wissen, das aus unmittelbarer Erfahrungsnähe hervorgegangen ist und einen Erinnerungsfundus an konkreten Begebenheiten beinhaltet. Im Mittelpunkt steht hierbei die Darstellung von Situationsabläufen. Die zweite Form repräsentiert das semantische Wissen und bezeichnet das aus den Erfahrungen abgeleitete Wissen, d.h. Generalisierungen, Abstraktionen und die Setzung bestimmter Zusammenhänge durch das Subjekt. Es geht besonders darum, Begriffe zu benennen und diese miteinander in Beziehung zu setzen“

Diese Interviewform eignet sich also bestens, um Situationen aus dem Alltag der Praktikumslehre zu erfassen und aus diesen Situationen und Erfahrungen zusammen mit den Interviewsubjekten kontextbezogen den spezifischen Bedarf und mögliche Inhalte von neuen Lernmaterialien zu bestimmen.

„Damit ist das episodische Interview eine Kombination aus Kontexten, die erzählerisch dargestellt werden, und davon abstrahierten Begriffen und abgeleiteten Regeln, also den semantischen Anteilen, die dann die Grundlage für die Argumentationen bilden“ (Lamnek 2010, 331)

Gemäß der von Lamnek (2010) vorgeschlagenen Vorgehensweise wurden die Interviews so konzipiert, dass die Befragten vorab über den groben Ablauf des Interviews informiert wurden. Dies

geschah einerseits über eine E-mailanfrage zur Partizipation bei besagten Interviews und in späterer Folge ausführlicher mit den Betreuungspersonen, welche sich zur Teilnahme bereit erklärt hatten. Die Interviews fanden jeweils in den Büros der befragten Personen statt und wurden nach deren Einverständnis aufgezeichnet:

„Der Ort des Interviews sollte die Lebensnähe des Interviews unterstützen und in einer dem Befragten natürlich und bekannt erscheinenden Umgebung liegen“ (Lamnek, 2010, 366)

Im Folgenden wird der verwendete Interviewleitfaden kurz vorgestellt und kommentiert, der Text des Leitfadens ist dabei in kursiv gehalten und abgesetzt:

Sehr geehrter Hr./Fr.!

Dieses Interview ist Teil der Vorbereitungen für mein Diplomarbeitsprojekt.

Das Interview wird nur zur besseren Nachvollziehbarkeit meinerseits zu einem späteren Zeitpunkt aufgezeichnet. Es wird nicht transkribiert oder veröffentlicht. Sind sie mit der Aufzeichnung einverstanden?

Dieser Teil entspricht der guten wissenschaftlichen Praxis beim wissenschaftlichen Interview: „Absolute Vertraulichkeit und Anonymität ist zuzusichern.“ (ebd. 2010, 366)

Zu Beginn werde ich Ihnen kurz den Inhalt und das Ziel dieses Projekts beschreiben, danach stelle ich Ihnen Fragen zu Ihrer bisherigen Erfahrung im Anfängerpraktikum.

Der grobe Ablauf des Interviews wird beschrieben.

„Der zu Interviewende ist über Sinn, Zweck und Gegenstand des Interviews aufzuklären, ohne jedoch damit eine Prädetermination des inhaltlichen Verlaufs des Gesprächs zu provozieren.“ (ebd. 2010, 366)

Das Projekt umfasst die Konzipierung und Produktion von audiovisuellen Inhalten die kommenden Wintersemester mehreren Studierenden in den Lehrveranstaltungen des Anfängerpraktikums zur Verfügung gestellt werden sollen.

Genauer gesagt möchte ich ergänzende Videos von ein paar Minuten Länge zu jenen Inhalten erstellen bei welchen bei den Studierenden erfahrungsgemäß die meisten/größten Verständnisprobleme entstehen.

Das letztendliche Ziel wird vorangestellt, um die Erwartung und entsprechenden Narrationen der Subjekte möglichst auf relevante Aspekte Einzugrenzen.

Dabei sollten die Videos die vorhandenen Vorbereitungstexte punktuell ergänzen oder erweitern aber nicht ersetzen. Sie werden einer Testgruppe nur vor Ort zur Verfügung stehen um einerseits sicher zu stellen, dass sie tatsächlich angesehen werden und andererseits nicht mit der Kontrollgruppe geteilt werden, welche das Praktikum wie gewohnt ohne Videos durchführen würde.

Diese Information ist für die semantische Abstraktion wesentlich, da andere Verwendungen (z.B. Präsentation durch die Betreuer selbst oder unkommentiert in der E-Learning-Umgebung) der Videos einen anderen Kontext bedeuten würden und dementsprechend einen anderen, eventuell inadäquaten Gesprächsverlauf einleiten würden.

Zur Bewertung des Effektes wird angedacht, die beiden Gruppen auf zwei „Ebenen“ zu bewerten. Einerseits eine Selbsteinschätzung der Studierenden des Verständnisses der jeweiligen Materie andererseits die Fremdeinschätzung durch Sie, die Betreuer.

Zur Durchführung ist der erste Schritt die Eruiierung der thematischen „Hotspots“ welche den Studenten Ihrer Erfahrung nach die größten Probleme bereiten und somit das größte Verbesserungspotential haben.

Daher würde ich Sie bitten zuerst jene Themen/Inhalte/Zusammenhänge oder Arbeitsaufträge zu nennen, die Ihrer Ansicht nach am wenigsten von den Studierenden anhand der vorhandenen Vorbereitungsmaterialien verstanden werden...

Als letztes wird das unmittelbare Ziel der Befragung definiert, da diese Information für den Gesprächsverlauf am Prägendsten ist und eine wichtige Überleitung zur Narration der Subjekte darstellt.

...und diese anschließend in eine Reihung bringen, welche dieser Themen sie persönlich am liebsten durch audiovisuelle Materialien, auf die Sie sich beim Praktikum auch beziehen könnten, ergänzt haben würden.

Da die verschiedenen Betreuungspersonen jeweils andere Experimentengruppen betreuen, ist es wesentlich, die persönlichen Reihungen mit denen anderer BetreuerInnen zu vergleichen, da manche schon sehr viele verschiedene Bereiche betreut haben, während andere sich auf ein Themenfeld beschränkt haben. Dadurch kann eine gewisse Gewichtung entstehen, wenn z.B. nur Betreuer von Experimenten aus dem Bereich der Optik befragt würden. Da die Gruppe der Befragten mit sieben von den etwa fünfzehn Betreuungspersonen eher klein war, erfolgte dieser Vergleich aus folgenden Gründen zusammen mit den Praktikumsleitern:

- Sie haben die vielfältigste und längste Betreuererfahrung und sind daher Experten für die Abläufe und Herausforderungen im Anfängerpraktikum.
- Sie verfügen über viele narrative Erfahrungen „aus zweiter Hand“ durch die Kommunikation mit allen Betreuungspersonen des Anfängerpraktikums und werden so über alle strukturellen Defizite aus Betreuersicht informiert.
- Sie tragen die letztendliche Verantwortung und Entscheidungsdisposition über die Organisation und die Inhalte der Praktika.

Ergänzungsfragen:

- Themen eingrenzen
- Evtl. Zuordnung zu Experiment (-> Praktikumseinheit -> Termin)

- *Spezifikation was das Verständnisproblem bei einem Thema genau ist*
- *Vorschläge zum konkreten Inhalt des Videos (Animation, Text, Einstellung etc.)*

Diese Ergänzungsfragen werden während des Interviews an passenden Stellen gestellt, um die entstehenden Abstraktionen und Ableitungen insofern zu spezifizieren, dass sich daraus bei der Analyse bestmöglich konkrete Inhalte und Anhaltspunkte für die Entwicklung von Lernvideos ableiten lassen.

Nach den Interviews wurde mittels interpretativ-reduktiver Inhaltsanalyse (vgl. Lamnek 2010, 367-369 und 455) eine Themenmatrix erstellt. Da es sich bei dieser Analyseform nicht um eine explikative Methodologie handelt, wurde, auch um den Arbeitsumfang einzugrenzen, keine Transkription durchgeführt. Stattdessen wurden während der Interviews Notizen gemacht und die Aufzeichnungen zu einem späteren Zeitpunkt nochmal angehört, um die Notizen gegebenenfalls zu ergänzen. Die Erstellung der Themenmatrix (vgl. Lamnek 2010, 370) erfolgte dementsprechend auf Basis der Audioaufzeichnungen. Dabei wurden alle genannten Themen der Interviews nach den Subjekten geordnet gesammelt. Bei der Klassifikation wurden die Themenkategorien zugeordnet.

In der themenorientierten Darstellung wurden diese Kategorien der Praktikumsleitung präsentiert um gemeinsam anhand der vertiefenden Kommentare zu den jeweiligen Nennungen zu bestimmen, welche Themen und Grobinhalte in den Videos zu bearbeiten sein würden. Die Ergebnisse dieser Bedarfserhebung sind im Kapitel 5.1. beschrieben.

4.2. Prä-Produktion der Videos

Schnell (2002, 49) beschreibt die Arbeitsschritte zur Produktion von klassischen audiovisuellen Inhalten sowie Vorgehensweisen zur Produktion von Lernvideos. Die klassischen Arbeitsschritte sind in der Prä-Produktionsphase praktisch allen Videoproduktionen gemein und umfassen folgende Punkte (vgl. Schnell, 2002, 48):

- Erstellung eines Exposé
- Verfassung eines *treatments*
- Schreiben des Drehbuchs

In diesem Diplomprojekt wurden das *treatment* und das Drehbuch aus praktischen und präsentationstechnischen Gründen, welche weiter unten genauer beschrieben werden, in einem sogenannten „Storyboard“ zusammengefasst.

„Das Exposé ist die erste schriftliche Fixierung und Präzisierung einer Idee oder eines Themenvorschlages für einen Film und sollte möglichst kurz und knapp formuliert werden.“
(Schnell, 2002, 49)

Dieses Exposé sollte nach Schnell (2002) den Arbeitstitel, das Thema, die Auswahl der Inhalte, eine Grobstruktur des Films sowie die Definition des Zieles und des Adressatenkreises beinhalten. Die Entwicklung des Exposés geschah in diesem Projekt durch die oben beschriebenen Experteninterviews und die Revision deren Ergebnisse mit der Praktikumsleitung. Arbeitstitel, Thema und Auswahl der Inhalte wurde durch diesen Arbeitsschritt generiert. Die Definition des Ziels und des Adressatenkreises erfolgte in diesem Fall a priori durch den Rahmen der Lehrveranstaltung und die Arbeitshypothese des Diplomprojektes bzw. die darin definierten Erfolgskriterien. Die Grobstruktur des Films wurde in den nächsten Arbeitsschritt des *treatments* übertragen. Insofern unterscheidet sich der in dieser Arbeit gewählte Weg vom „klassischen“ Produktionsprozess, wie er von Schnell (2002) skizziert wurde, umfasst aber dennoch alle dort genannten Elemente, wenn auch anders strukturiert. Hierzu schreiben Kittelberger & Freisleben (1994, 67):

„Ein Weiterbildungspraktiker, der für seine eigenen Zwecke einen kleineren Videofilm selbst herstellt, wird anders vorgehen als ein Auftraggeber für eine größere Produktion.“

Wie zuvor erwähnt, wurden das *treatment* und das Drehbuch in dieser Arbeit zu einem Schritt zusammengefasst. Das *treatment* ist nach Schnell (2002, 50):

„...ein detailliertes Konzept und enthält die einzelnen Filmsequenzen in der richtigen Reihenfolge. (...) die einzelnen Angaben zu den Szenen oder Filmsequenzen enthalten sowohl genauere Informationen über den Inhalt als auch über die Darstellungsweise.“

Während bei Schnell (2002) das *treatment* den Dialog nur umschreibt, wurde in dieser Arbeit die Audioinformation, das sogenannte Voice-Over, bereits in der ersten Version genau ausgearbeitet. Dies ist bei Schnell (2002) im Verfassen des Drehbuchs verortet. Darin enthalten sind *„ausgefeilte Darstellungen mit Text und Visualisierungsvorschlägen sowie Musik- und Geräuschideen, O-Tonangaben und Regiehinweisen.“* (Eichhorn, 1987, 32; zit. nach Schnell, 2002, 52). In diesem Projekt wurde hingegen ein Storyboard produziert, welches ein erweitertes *treatment* ist und sich besonders dann eignet, wenn es sich um eine kleinere Produktion handelt und es ein eingespieltes Produktionsteam gibt (vgl. Schnell, 2002, 52-53). Da das Produktionsteam in diesem Fall nur aus dem Autor besteht gilt dieses Kriterium als erfüllt. Da das Storyboard abgesehen vom Festhalten der eigenen Ideen für die tatsächliche Produktion nur zur Präsentation für die- und Abstimmung mit der Praktikumsleitung dient, wurde ein erweitertes Format gewählt, in dem in drei Spalten die einzelnen Szenen dargestellt werden. Dabei entsprach immer eine Zeile einer Szene. In Abb. 4.1. ist exemplarisch eine Zeile aus dem Storyboard zum PN-Übergang dargestellt:

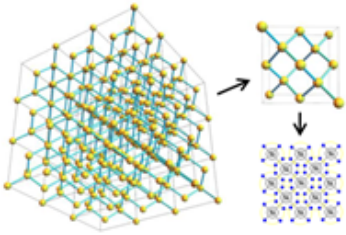
Regieanweisung /Einstellungen:	Skizze/ Visuelle Impression:	Sprechtext:
SKIZZE/ SIMULATION 3-D Modell der Diamantstruktur wird rotiert, dann auf Einheitszelle reduziert welche in Seitansicht zu schematischer Darstellung überblendet		Ein reiner Siliziumkristall hat eine kubisch-flächenzentrierte Struktur, dieselbe wie Diamant. Dies ist die Struktur mit den höchsten Symmetrieeigenschaften überhaupt. Hier sehen sie die dreidimensionale Struktur einer Einheitszelle

Abbildung 4.1.: Beispiel für das Storyboard Layout

Die mittlere Spalte ist zugleich das Zentrum und Ausgangspunkt für den Ton und die Regieanweisungen, weil darin skizziert wird, was bei der jeweiligen Szene zu sehen ist. Links davon stehen die Regieanweisungen, welche Kommentare zu den Geschehnissen im Bild und zu den Kameraeinstellungen beinhalten. In der rechten Spalte steht der genaue Text, welcher in der jeweiligen Szene zu hören sein wird. Zur besseren Lesbarkeit wurden die Storyboards auf A3 ausgedruckt.

Wie Schnell (2002, 51) bemerkt, müssen meistens mehrere Versionen eines Drehbuchs/Storyboards hergestellt werden. So wurde auch in diesem Projekt zunächst ein Grobentwurf produziert, welcher nach einer ersten Revision in einem 2-stufigen Experteninterview mit den Praktikumsleitern (Nagel, Markowitsch) überarbeitet und danach präsentiert wurde. Nach dieser Präsentation wurden die noch erforderlichen Änderungen eingearbeitet und die von beiden Praktikumsleitern genehmigte, produktionsreife Endversion verfasst.

Die Endversionen der vier Storyboards sind im Anhang D zu finden. Ein Teil eines der Storyboards ist exemplarisch im Kapitel 5.2.1. dargestellt.

4.3. Produktion der Videos

Der Aspekt der eigentlichen technischen Umsetzung einer Filmproduktion, sei es auch nur in einem so kleinen Rahmen wie in diesem Diplomprojekt, darf keinesfalls unterschätzt werden. So schreibt bereits Nagel (2009, 18):

„Ein anderer Weg ist der Versuch einer Verbesserung der bestehenden Lernumgebung durch den Einsatz neuer Medien. Dies kann auf unterschiedlichste Weise geschehen, was meist von den technischen wie auch finanziellen Möglichkeiten sowie der Bereitschaft und dem Engagement der Praktikumsleitung oder des in die Organisation eingebundenen wissenschaftlichen Personals abhängt.“

Wie Nagel (2009) hier erwähnt, dürfen auch die tatsächlichen Kosten für die Produktion nicht unterschätzt werden. Wenn institutsferne Personen oder Firmen mit der Durchführung betraut werden, kann der finanzielle Aufwand schnell so groß werden, dass eine Kosteneffizienz schwer zu gewährleisten ist. Wird eigenes Personal herangezogen, sieht man sich häufig mit dem Problem konfrontiert, dass wenige Personen, zusätzlich zur fachlichen didaktisch-pädagogischen Expertise (einschließlich Wissen zum effektiven Design von multimedialen Inhalten, siehe Kapitel 3.), auch über die „handwerklichen“ Kompetenzen in der tatsächlichen Medienproduktion wie Kameraführung, Beleuchtung, Tonführung, Schnitt, Grafikdesign, Animation und digitale Nachbearbeitung verfügt. Plückers & Heinke (2015) etwa ließen ihr Video vom audiovisuellen Medienzentrum des Uniklinikums Aachen produzieren.

Da bei diesem Diplomprojekt die Entwicklungs-, und Produktionsarbeit unentgeltlich durchgeführt wurde und die erforderliche Ausrüstung zum Teil vom Institut und zum Teil vom Autor selbst bereitgestellt wurde, waren die Kosten hier überschaubar. Trifft dies allerdings nicht zu und müssen daher Arbeitsstunden bezahlt und Material neu besorgt werden, ist zu bedenken, dass für jede Filmproduktion folgendes Equipment benötigt wird:

- Mindestens eine Kamera
- Stativ
- Scheinwerfer
- Ggf. Plane für einen neutralen Hintergrund
- Externer Monitor für die Kamera
- Audioaufnahmegerät (kann auch von der Kamera sein, aber für viele Situationen ist ein externes Mikrofon notwendig)
- Ein Computer mit ausreichend Rechenleistung, um gegebenenfalls mehrere Videosequenzen gleichzeitig rendern zu können
- Video-, Audio-, und Grafikbearbeitungsprogramme

Für die nötige Arbeitszeit kann man je nach Komplexität des gewünschten Endproduktes von 5-15 Stunden pro Minute Film ausgehen. Dies exkludiert etwaige vorangegangene Entwicklungs- und Recherchearbeit.

Da in diesem Projekt der Sprechtext eine zentrale Rolle einnimmt, wurden zunächst Testaufnahmen aller Texte aufgenommen, um festzustellen, wie lange die Videos mindestens sein würden. Danach wurden die Storyboards nach Szenen durchsucht, in denen der Sprechtext Handlungen beschreibt, welche sich nicht beschleunigt darstellen lassen und sich dementsprechend an deren Tempo halten

muss. Von diesen Sequenzen wurden Probeaufnahmen gemacht, um das Timing des Sprechtextes daran anpassen zu können.

Danach wurden die Endversionen der Sprechtexte aufgenommen, welche als „Gerüst“ für die Aufnahmen dienten. Die Aufnahmen wurden mithilfe eines externen Monitors gemacht, um direkt einen Eindruck von Einstellung und Ausleuchtung zu bekommen. Bei allen Einstellungen, welche vom Timing her am Sprechtext orientiert waren, wurde dieser beim Dreh im Hintergrund abgespielt. Alle Aufnahmen wurden mindestens doppelt gemacht, um gegebenenfalls die bessere in der Post-Produktion auswählen zu können.

Nach dem Dreh wurden die Videos geschnitten und mit dem Sprechtext überlagert. In dieser Phase wurden auch die Grafiken und Animationen am PC produziert und in die Videos eingebettet. Die vorläufigen Versionen wurden der Praktikumsleitung präsentiert und danach entsprechend überarbeitet.

4.4. Evaluationsstrategie

Um den Erfolg der Videos zu messen wurde eine kriterienbasierte, summative Evaluation eines Test- und Kontrollgruppendesigns durchgeführt (vgl. Häder, 2015, 372).

Dafür wurden nach der Themenfindung für die Videos in Absprache mit der Praktikumsleitung Erfolgskriterien definiert, auf Basis derer die Evaluation durchgeführt wurde:

1. Passender Inhalt

Die Videos sollen vom Inhalt und Tempo her als passend empfunden werden. Das bedeutet, die Videos sollen in einer ersten unmittelbaren Reaktion der Betrachter als klar verständlich und inhaltlich nachvollziehbar wahrgenommen werden. Es werden 4 Frage-Items dazu gestellt, welche unmittelbar nach der Betrachtung des Videos zu beantworten sind. Jedes Video muss von mehr als 50% der Studierenden entweder auf Skalenniveau (sofern die Items statistisch eine Skala darstellen) oder auf Item-Ebene im positiven Bereich der Antwortmöglichkeiten bewertet werden.

2. Nutzen des Videos für den Praktikumsverlauf

Die Studierenden sollen die Videos als unmittelbar hilfreich für die Bewältigung der Praktikumsaufgaben empfinden. Daher werden diese Items nach oder am Ende der Praktikumseinheit beantwortet. Zur Erfüllung dieses Erfolgskriteriums müssen mehr als 50% der Studierenden das entsprechende Item bzw. die Skala im Bereich des oberen Drittels der Skala bewerten, da der empfundene Nutzen als stärkerer Motivator zur selbstständigen Nutzung als die inhaltliche Verständlichkeit der Videos gewertet wird.

Darüber hinaus soll erhoben werden, ob Studierende sich das Video mehrmals in einer Einheit angesehen haben, um zu erheben, ob mehrmalige Betrachtung zu unterschiedlichen Ergebnissen führt.

3. Leistungssteigerung

Die Studierenden, welche die Videos gesehen haben, müssen, um dieses Kriterium zu erfüllen, insbesondere bei den themenspezifischen Fragen an die Betreuer signifikant bessere Leistungen erzielen als jene, welche die Videos nicht gesehen haben. Dies wird auf zwei Ebenen überprüft: Über die Punktbewertungen der Gruppen und durch themenspezifische Frageitems zu den Inhalten der jeweiligen Videos. Die themenspezifischen Fragen sind dabei keine Wissens-, sondern Einschätzungsfragen. Studierende und Betreuungspersonen bekommen dabei dieselben Fragen mit dem einzigen Unterschied, dass die Betreuungspersonen den Erfolg der Studierenden, die Studierenden hingegen sich selbst bewerten. Die Punktbewertung und die themenspezifischen Fragen sind dabei getrennte Erfolgskriterien, da die Punktbewertung viele Variablen und Inhalte beinhaltet, auf die die Videos keinen Einfluss nehmen. Darüber hinaus werden nur die Punkte für die Vorbereitung und die Durchführung ausgewertet, da ein Einfluss auf etwaige Änderungen bei der Protokollierung der Versuche nicht untersucht wird.

Zusätzlich zu diesen drei Erfolgskriterien wurden zwei Fragekategorien definiert, die der Untersuchung etwaiger zufälliger Unterschiede innerhalb einer Gruppe bzw. zwischen Kontroll- und Testgruppe (beispielsweise in der Vorbereitung) untersuchen zu können:

4. Hintergrundinformation

Dient ausschließlich zur Erhebung etwaiger Unterschiede zwischen den Gruppen Lehramt und Physik Wissenschaft bzw. Geschlechter.

5. Vorbereitung

Um sicherzustellen, dass etwaige Effekte nicht durch eine bessere/schlechtere Vorbereitung begründet sind, wird erhoben, wie gut sich die Studierenden ihrer eigenen Einschätzung nach vorbereitet haben.

4.5. Entwicklung der Fragebögen und des Testdesigns

Da es sich bei dieser Fallstudie um eine direkte Intervention in einer Lehrveranstaltung handelt, hat die Durchführung, abgesehen von den wissenschaftlichen und formalen Vorgaben zur Entwicklung der einzelnen Items der Fragebögen, auch den wissenschaftlichen Gütekriterien der Objektivität,

Reliabilität und Validität zu genügen. Zusätzlich gilt es aber auch, ethische und pragmatische Kriterien zu berücksichtigen und in das Studiendesign einzubeziehen (vgl. Altrichter & Posch, 2007, 116-124). Diese werden im Folgenden kurz beschrieben und erläutert, durch welche Maßnahmen sie im Rahmen dieser Studie gesichert wurden.

4.5.1. Erkenntnistheoretische Gütekriterien

a. Objektivität

Die Objektivität einer Studie besagt, dass ihre Ergebnisse vom Forscher unabhängig sind. Bei Befragungen ist der stärkste Einfluss durch den Interviewer gegeben. Daher fiel der Entschluss zu einer standardisierten schriftlichen Befragung (vgl. Häder 2015, 193-195)

„Vor allem zeichnen sich schriftliche Befragungen durch den Wegfall des Interviewereinflusses, durch einen gegenüber persönlich-mündlichen Befragungen geringeren Gesamtaufwand sowie durch eine höhere Anonymität aus.“ (Häder, 2015, 193)

Insofern ist durch die Wahl der fragebogenbasierten Evaluation und durch den Umstand, dass die erwartete Stichprobengröße 100 übersteigt, worin vielfältige Lerntypen und verschiedene Betreuungspersonen enthalten sind, die Objektivität hinlänglich erfüllt. Die Objektivität, in Bezug auf gleiche Voraussetzungen der Gruppen wurde auch mittels Methoden deskriptiver Statistik (T-test, Varianzanalyse, Kurtosis und Schiefe bei den Hintergrundinformationen) untersucht (siehe Kapitel 5.3.1.). Die von Häder (2015) genannten Schwächen einer postalischen Fragebogenuntersuchung, nämlich Unsicherheit darüber, wer die Fragebögen tatsächlich ausfüllt, und eine zu erwartende geringe Rücklaufquote, sind bei diesem Projekt wegen der persönlichen Interaktion und der täglichen Rücklauf-Überprüfung nicht gegeben.

b. Reliabilität

Die Reliabilität verlangt, dass die Studie mit den gleichen Ergebnissen wiederholt werden kann. Dies ist durch die Stichprobengröße und die Untersuchung der Daten durch den Cronbach- α Test zur Überprüfung der internen Skalenkonsistenz zu gewährleisten. (vgl. Jannsen & Laatz, 2007) Dieser überprüft die Korrelation der Items einer Skala und fällt höher aus, wenn die einzelnen Items stärker miteinander korrelieren.

c. Validität

Die Validität einer Studie stellt sicher, dass die Studie genau das untersucht, was sie zu untersuchen vorgibt. Bei Fragebogenbefragungen betrifft dies vor allem (aber nicht ausschließlich) die Formulierung der Items und das Design des Fragebogens. Daher wurden, basierend auf den oben

genannten Erfolgskriterien, die Storyboards zeitgleich mit den entsprechenden Evaluationsinstrumenten entwickelt, um die Inhalte und Ziele der Videos passend mit den Erfolgskriterien und deren Indikatoren abstimmen zu können. Die einzelnen Items dieser Fragebögen wurden nach der Revision der Storyboards, und somit der genaueren Inhalte der Videos, mit der Praktikumsleitung besprochen und ebenfalls überarbeitet.

Die Entwicklung der ersten Version erfolgte jedoch ohne Einflussnahme der Praktikumsleitung.

Da insbesondere Clemens Nagel über vielfältige Erfahrung bei der Entwicklung von effektiven und validen Befragungstools im Bereich der quantitativen Sozialforschung im allgemeinen, und bei der Evaluation von Lehrmethoden und Lehrveranstaltungen im Bereich Anfängerpraktikum im speziellen (siehe Nagel, 2005 und 2009; sowie Nagel & Wolny, 2013) verfügt, handelte es sich bei dieser Besprechung bereits um eine Art des Pretestings durch eine Expertenbewertung (vgl. Häder, 2015, 406). Die nach dieser Besprechung überarbeiteten Versionen wurden vor Beginn der Untersuchung zusätzlich mittels der kognitiven Pretestverfahren „*think-aloud*“ und „*probing*“ (vgl. Häder, 2015, 402-403) untersucht. Beim *think-aloud* wurden die betreffenden Personen gebeten, den Fragebogen zu beantworten und dabei ihre Gedanken laut auszusprechen. Die Befragungen wurden mit dem Einverständnis der Probanden aufgezeichnet. Dabei wurden in der ersten Woche des Praktikums vor Beginn der Erhebung jeweils Gruppen bzw. Betreuungspersonen befragt, welche gerade die zum Fragebogen gehörende Praktikumseinheit absolviert hatten und dementsprechend in genau der Erfahrungssituation waren, in der sie bei der tatsächlichen Befragung auch sein würden.

Das *probing* wurde durchgeführt, da es zu den von Häder (2015, 403) antizipierten Problemen mit dem sogenannten „*concurrent think aloud*“, also der Beschreibung der eigenen Gedankengänge während des Beantwortens der Frage, gekommen ist.

„Bei der Probing- oder Nachfragetechnik werden gezielt Zusatzfragen zu bestimmten Indikatoren gestellt, um das Antwortverhalten der Zielpersonen besser kennen zu lernen.“ (Häder, 2015, 403)

Die Form des *probing* war dabei hauptsächlich „*comprehension probing*“:

„Comprehension Probings dienen dem Frageverständnis. Dazu kann die Zielperson darum gebeten werden, die Bedeutung von einzelnen Begriffen aus dem Fragetext zu erläutern oder Aspekte, der von ihr gegebenen Antwort, zu erklären“ (Häder, 2015, 403)

Mit den oben beschriebenen Pretestings wurde durch den von Häder (2015) empfohlenen „*multi-method pretest*“ die Validierung des Evaluationstools in einer für den Umfang einer Diplomarbeit gerechtfertigten Weise durchgeführt.

Hierbei ist anzumerken, dass die Entwicklung eines statistisch vollständig validierten Messinstrumentes der quantitativen Sozialforschung für sich allein schon ein Projekt ist, welches eine Doktorarbeit füllen kann. Darüber hinaus würde ein statistisch validierter Fragebogen zu einem Thema vergleichbarer Komplexität viel mehr Frage-Items verwenden und daher auch deutlich mehr als fünf Minuten zur Bearbeitung brauchen (siehe dazu auch Kapitel 4.5.2.).

Zusätzlich zu den Pretestings wird nach der Befragung eine Faktorenanalyse der Skalen durchgeführt, welche sich durch den Cronbach- α als reliabel erwiesen haben. Die Faktorenanalyse untersucht die Validität der Skalen statistisch dahingehend, ob sie tatsächlich eine einzige gemeinsame Eigenschaft abfragen oder ob es mehrere „versteckte“ Faktoren gibt, die in einer Skala getestet wurden. Die Faktorenanalyse erlaubt im Gegensatz zum Cronbach- α eine Mehrdimensionale Analyse der Daten.

4.5.2. Pragmatische Kriterien

Die pragmatischen Kriterien einer Studie betreffen die Vereinbarkeit der Durchführung mit der gängigen Unterrichtspraxis und der Alltagssituation der TeilnehmerInnen der Lehrveranstaltung sowie der Lehrenden (vgl. Altrichter & Posch, 2007, 120). Das bedeutet, die Umsetzung der einzelnen Handlungen in der Studie sollte so minimal wie möglich invasiv für den Lehrbetrieb sein, einerseits um eine realistische Lernsituation zu ermöglichen, andererseits um die aktive Mitarbeit der Teilnehmer zu sichern und nicht als unnötige Zusatzbelastung empfunden zu werden.

Von der Praktikumsleitung gab es die Vorgabe, dass die Bearbeitung der Fragebögen maximal fünf Minuten in Anspruch nehmen dürfe, für die Betreuungspersonen sogar nach Möglichkeit weniger. Die Videos sollten auch maximal 10 Minuten dauern. Durch die Verwendung von quantitativen Fragebögen entsteht sowohl für Probanden als auch für den Autor in der Auswertung der geringstmögliche Zeitaufwand bei größtmöglicher Stichprobengröße. Der Fragebogen ist einseitig (beidseitig bedruckt) und wird jedem Teilnehmer am Arbeitsplatz bereitgelegt. Durch welche anderen Maßnahmen die pragmatischen Kriterien bezogen auf die konkrete Praktikumsituation berücksichtigt wurden, ist näher in Kapitel 4.8. beschrieben.

4.5.3. Ethische Kriterien

Altrichter & Posch (2007, 121) nennen als Kernpunkte der ethischen Kriterien die Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen und eine aktive Zusammenarbeit mit den Probanden. Da die Untersuchung im Kontroll- und Testgruppendesign durchgeführt wird, kann es dazu kommen, dass ein Teil der Studierenden in Bezug auf die Leistung im Praktikum einen Vorteil gegenüber den anderen erhält. Außerdem kann unter anderem dadurch, dass die Betreuenden auch eine Bewertung der Studierenden abgeben, der Eindruck entstehen, dass es sich bei der Befragung um eine Leistungsüberprüfung handelt, welche direkt oder indirekt einen Einfluss auf die Bewertung im

Praktikum hat. Um dies zu vermeiden, wurden alle Studierenden persönlich und durch eine Information auf dem Fragebogen darüber informiert, dass die Befragung anonym ist und keinen Einfluss auf die Benotung hat, und die Betreuenden wurden dazu angehalten, die Studierenden die Fragebögen unbeobachtet und in Ruhe ausfüllen und abgeben zu lassen. Die Studierenden wurden im Rahmen des Pretestings auch befragt, ob Sie an die Anonymität und die Gleichbehandlung im Rahmen der Studie glauben und dementsprechend auf die Einhaltung der ethischen Kriterien vertrauen, was durchgängig bestätigt wurde. Weiterhin die Benotung und die Praktikumsituation im Konkreten betreffende Maßnahmen werden im Kapitel 4.8. beschrieben.

4.6. Beschreibung des Fragebogens

Im Folgenden wird exemplarisch einer der vier Fragebögen angefügt und die einzelnen Teile kurz im Zusammenhang mit Ergebnissen der Pretests erläutert. Die anderen Fragebögen sind im Anhang A-C zu finden.

Evaluation des physikalischen Anfängerpraktikums LW6

Testgruppe WS2015

UNTERRICHTSFACH PHYSIK (BEd/Diplom)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht Ihre Bewertung. Beantworten sie daher bitte die Fragen so ehrlich wie möglich!

Vielen Dank!

Diesen Teil bitte VOR der Praktikumseinheit ausfüllen

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich ☐ anders	Alter:	Studiensemester:
--	---------------	-------------------------

Datum : _____

1.) Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich... (eines auswählen)

- ☐ (noch) nicht gelesen
- ☐ überflogen
- ☐ nur die wichtigen Teile aufmerksam gelesen
- ☐ vollständig und aufmerksam gelesen

2.) Auf die heutige Praktikumseinheit habe ich mich ... vorbereitet (eines auswählen)

- ☐ kaum
- ☐ so gut wie nötig um keine schlechte Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie nötig um eine gute Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie möglich

3.) Von den auf der Praktikumshomepage verfügbaren Zusatzmaterialien (sofern vorhanden) habe ich folgende in der Vorbereitung für diese Einheit verwendet (mehrere möglich)

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| ☐ Keines | ☐ Zusatztexte |
| ☐ Applets | ☐ Links |
| ☐ Videos | ☐ Simulationen |

Zum Inhalt des Videos	trifft nicht zu					trifft völlig zu
Das Video war mir zu schnell	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Das Video hat die Inhalte verständlich vermittelt	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich habe das Video aufmerksam angesehen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Das Video hat mir gefallen	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Den 2. Teil, auf der Rückseite, bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Zum Video:	trifft nicht zu					trifft völlig zu
Ich halte das Video für eine sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Das Video hat mir, in Bezug auf die darin behandelten Inhalte (z.B. Handhabung d. Geräte; Verständnisfragen), in der heutigen Einheit mehr genutzt als die entsprechenden Kapitel im Anleitungstext.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich habe das Video, oder Teile des Videos, während der heutigen Einheit mehr als einmal angesehen.			NEIN ☐		JA ☐	

(Anm: Das Video zählt zu den Vorbereitungsmaterialien)

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich die Fragen der Betreuungsperson zu ... richtig beantworten, bzw. verstehe ich ...(falls es keine Fragen dazu gab)	trifft nicht zu					trifft völlig zu
Zweck und Aufbau der Schaltungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wie sich Spannung und Strom in den Schaltungen verhalten	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu					trifft völlig zu
die Schaltungen richtig aufbauen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Experimente und Messungen richtig durchführen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Volt-, und Amperemeter entsprechend der Versuchsanforderung richtig einbauen	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

Bezüglich des allgemeinen Fragebogenlayouts wurden die Empfehlungen von Häder (2015, 232-233) befolgt. In diesem Fall wurden die Fragen zu den Erfolgskriterien zugeordneten Themenkomplexen zusammengefasst. Der Fragebogen ist übersichtlich gestaltet und die Fragebatterien und Antwortmöglichkeiten sind leicht ersichtlich und klar strukturiert. Die Beschreibung des Ablaufs der Beantwortung ist auf dem Fragebogen beschrieben und farblich hervorgehoben.

Im ersten Teil ist schriftlich die Nummer der Praktikumseinheit festgehalten um sicher zu stellen, dass die jeweilige Gruppe den richtigen Fragebogen hat und um das Sortieren der Fragebögen nach der Untersuchung zu erleichtern. Die Information über die Anonymisierung der Angaben entspricht der guten Praxis. Der erste Fragenblock beinhaltet die Fragen zur Feststellung der Gruppengleichheit. Durch das Datum und die Experimenten-Nummer lassen sich die Bewertungspunkte dem jeweiligen Fragebogen zuordnen. Diese wurden am Ende des Semesters gesammelt und mit den Ergebnissen der Fragebögen in eine Datenbank eingepflegt. Die Fragen 1 bis 3 unterscheiden sich von den restlichen Fragen durch die ausformulierten Antwortmöglichkeiten und die Skalierungen. Sie dienen ebenfalls dem Vergleich von Kontroll-, und Testgruppe und gegebenenfalls der Überprüfung ob die Videos einen stärkeren Effekt bei weniger vorbereiteten Studierenden haben. Die Antwortmöglichkeiten sind Ordinal-, (Frage 1 und 2) bzw. Nominalskaliert (Frage 3) und haben daher andere Voraussetzungen für die statistische Auswertung als die restlichen Fragen. So ist für diese Fragen die Bildung des arithmetischen Mittels zum Beispiel nicht zulässig (vgl. Häder, 2015, 93-94).

Die erste Fragenbatterie zu den Erfolgskriterien umfasst vier Fragen zur Passung des Inhalts der Videos. Die Antwortmöglichkeiten sind Likert-skaliert (vgl. Häder, 2015, 97) und stellen somit summierende Einschätzungen seitens der Studierenden dar. Allerdings wurde eine sechs-, statt einer fünfstufigen Skala verwendet um die Antwortmöglichkeiten klar in einen positiven und in einen negativen Bereich trennen zu können. Außerdem wurden nur die Extremwerte ausformuliert um näher an eine Intervallskalierung innerhalb des durch die Extremwerte semantisch definierten Referenzsystems zu kommen. Hier ist auch anzumerken das nur eines der Items eine Aussage beinhaltet die im Sinne der untersuchten Eigenschaft gegengleich kodiert ist. Das Item „Das Video war mir zu schnell“ wird daher für die Auswertung umcodiert. Die Frage zur Aufmerksamkeit gehört eigentlich nicht direkt zur Passung des Videos. Hiermit soll aber untersucht werden, ob eine Korrelation zwischen der Aufmerksamkeit und etwaigen negativen Ausprägungen bei den anderen Passungs-Items besteht.

Eigentlich sollten, um statistisch belastbare Daten zu produzieren, Fragebögen erstens wegen der zustimmenden Antworttendenz (vgl. Häder, 2015, 98) und zweitens zur Vorbeugung von Antwortmustern mehrere die gleiche Eigenschaft abfragende Items haben welche aber durch die

Frageformulierung gegengleich kodiert sind. Allerdings sprechen in diesem Kontext folgende Argumente gegen negative Formulierungen:

Durch die Abwesenheit eines Interviewers kann nicht sichergestellt werden, dass die Fragen mit großer Aufmerksamkeit gelesen werden. Schlichte Aussagenumkehren ins Negative, insbesondere durch das Einfügen des Wortes „nicht“, bergen daher das Risiko überlesen und somit falsch beantwortet zu werden. Außerdem birgt die Einschätzung von negativ-Fragestellung häufig semantische Probleme. Umgekehrt skalierte Fragen stellen auch eine höhere kognitive Anforderung an die Probanden dar und ermöglichen nur bei mehrmaliger Abfrage derselben Eigenschaft in verschiedener Richtung die Vorbeugung bzw. Untersuchung von Antwortmustern. Dies widerspräche allerdings der Vorgabe, dass die Befragung einen möglichst geringen Zusatzaufwand für die Teilnehmenden bedeuten soll. Das erste Item wurde aber dennoch umgekehrt skaliert um gleich zu Beginn des Fragebogens einen Indikator zu haben mit welcher Aufmerksamkeit der Fragebogen bearbeitet wurde. Da eine statistische Untersuchung von Halo-Effekten (Auswirkungen auf das Antwortverhalten durch die Fragenkonstellation) zu zeitaufwendig gewesen wäre und ein weiteres Semester Vorlaufzeit benötigt hätte, wurden mögliche Fragereinfolgeeffekte nicht untersucht.

Die zweite Seite der Fragebögen wurde jeweils auf die Rückseite gedruckt um Papier zu sparen und die Wahrscheinlichkeit des Verlustes von Fragebögen zu verringern. Die Fragen dieser Seite waren, wie oben ersichtlich ist, stets nach der Durchführung der gesamten Praktikumseinheit zu beantworten. Die obere Fragenbatterie untersucht die Eigenschaft „Wert des Videos für die Praktikumsdurchführung“. Es wird a priori keine Item-Korrelation beim Cronbach- α Test und einer Faktorenanalyse dieser Items erwartet, da die ersten beiden Fragen quasi verschiedene Ausprägungen derselben Eigenschaft überprüfen. Ein/e StudentIn könnte aus verschiedenen Gründen das Video für eine sinnvolle Ergänzung halten, aber aufgrund der eigenen Lerngepflogenheiten oder wegen einer gründlicheren Vorbereitung daraus einen geringen Mehrwert gegenüber dem Anleitungstext ableiten. Diese Items sollen aber auch nicht den tatsächlichen Mehrwert überprüfen, sondern das Gefühl der Studierenden. Eine positive Ausprägung in diesem Bereich wird als Indikator dafür gesehen, dass Studierende das Video auch selbstständig ansehen würden. Die Frage ob das Video mehrmals angesehen wurde, soll einen Eindruck darüber verschaffen welche Videos bei der Bearbeitung der Aufgaben hilfreich genug waren um Abschnittsweise nochmal abgerufen zu werden. Dies ist insbesondere bei den Videos interessant, welche mehr Geräte-Handling und einen konkreten Versuchsaufbau beschreiben, da nicht erwartet wird, dass die Studierenden zur Klärung von Theoriefragen die Videos innerhalb einer Einheit mehrmals aufrufen. Dies einerseits deswegen, weil die Studierenden das Gespräch zur Feststellung ihrer Vorbereitung und zu den Versuchsergebnissen nicht unterbrechen können und in der Regel nicht die Gelegenheit

bekommen die Antworten auf offene Fragen noch einmal zu recherchieren, und andererseits, weil die theoretischen Fragen danach eher in den Bereich der Protokollerstellung fallen.

Die letzte Fragenbatterie, welche in diesem Beispiel zweigeteilt ist, untersucht die Selbsteinschätzung der Leistung. Diese Fragen werden in fast gleicher Form den Betreuern gestellt mit dem einzigen Unterschied, dass die Betreuer die Studierenden bewerten. Wichtig ist auch die Klarstellung, dass das Video im Sinne der Befragung auch zu den Vorbereitungsmaterialien gehört. Da in diesem Projekt ausschließlich der Mehrwert der Videos für das Praktikum untersucht werden soll, wird bei diesen Fragen explizit darauf hingewiesen, dass Leistungen die mithilfe anderer Quellen (BetreuerInnen, StudienkollegInnen etc.) erzielt wurden im Sinne der Befragung nicht als erfüllt gelten. Da die Faktoren Betreuende und Mitstudierende als die mit Abstand wichtigsten möglichen Einflussgrößen eingeschätzt werden, wurden diese in der Aufzählung vorangestellt. Diese Information ist eine direkte Konsequenz des Punktes 5 der Analyse der Rahmenbedingungen (siehe unten).

Bei diesen Items wird eine starke Korrelation bei der Auswertung erwartet. Aus oben genannten Gründen sind diese Items alle gleich kodiert. Da die Videos inhaltlich teilweise nur kleine spezifische Inhalte der jeweiligen Praktikumseinheit behandeln, sind diese Items genau auf diese Inhalte angepasst und decken bewusst nicht andere allgemeinere Aspekte des Praktikumsverlaufs ab.

Zuletzt gibt es ein Feld für freie Anmerkungen der Studierenden respektive Betreuungspersonen für etwaige ergänzende Informationen oder Anregungen zu den Videos.

4.7. Statistische Auswertung der Fragebögen

Die Daten der etwa 800 Fragebögen wurden nach Videos getrennt codiert und in manuell in SPSS eingepflegt. Unbrauchbare Fragebögen wurden in diesem Schritt bereits entfernt. Einzelne fehlende Werte wurden durch eine entsprechende Codierung im Datenblatt berücksichtigt. Für die Dokumentation der Auswertungen werden die Ergebnisse nach Erfolgskriterien gruppiert und verglichen, um für jedes Kriterium separat bündige Aussagen über Erfolg oder Misserfolg der Maßnahme machen zu können.

Die statistische Auswertung liefert dabei auch noch fehlende Gewährleistungen für die Wahrung der erkenntnistheoretischen wissenschaftlichen Grundlagen der Untersuchung: Objektivität, Reliabilität und Validität.

Die Objektivität wurde durch das anonyme Untersuchungsdesign ohne anwesenden Interviewer und die durchwegs geschlossenen Fragenstellungen gesichert welche keine individuellen semantischen Interpretationsmuster ermöglichen. Da keine Individuellen Codierungen der Probanden zur Anwendung kamen, welche eine Zuordnung der Fragebögen zueinander erlaubt hätten, wurde es

nicht als notwendig erachtet, die Dateneinpfege einer Person zu überantworten welche nicht in das Untersuchungsdesign eingebunden war. Darüber hinaus wurden Betreuende und Studierende nachweislich und direkt über Verlauf und Ziel der Untersuchung informiert.

Die Reliabilität wird durch den Vergleich der demographischen Eigenschaften, die Vorbereitung der Kontroll- und Testgruppen zusammen mit der Stichprobengröße (alle Studierenden des Anfängerpraktikums im WS 2015) und durch eine Skalenkonsistenzprüfung der Fragen mittels Cronbach- α Test sichergestellt.

Da die Fragebögen keine vorab statistisch validierten Untersuchungsinstrumente sind, wird die Validität der Ergebnisse, zusätzlich zu den oben beschriebenen Pretesting-Methoden, durch eine Faktorenanalyse überprüft.

Kodierung der Fragebögen:

Für das leichtere Verständnis der Ergebnisse (Siehe Kapitel 5.3.) wird im Folgenden das Schema der für die Erstellung des SPSS Datenblattes verwendeten Kodierung kurz beschrieben:

Fragekategorie:

Itembezeichnung (evtl. Kurzbeschreibung): Skalierung; *Kodierung entsprechend Datenblatt*

Demographische Daten:

Alter: *Intervallskaliert; Zahl*

Studiensemester: *Intervallskaliert; Zahl*

Geschlecht: *Nominalskaliert; 1-männlich 2-weiblich 3-anders*

Vorbereitung:

Vorbereitung 1 (Ich habe den Anleitungstext): *Ordinalskaliert; 1-nicht gelesen 2-überflogen 3-wichtigen Teile gelesen 4-vollständig gelesen*

Vorbereitung 2 (Ich habe mich heute ... vorbereitet): *Ordinalskaliert; 1-kaum 2-so gut wie nötig für eine schlechte Bewertung 3-so gut wie nötig für eine gute Bewertung 4-so gut wie möglich*

Vorbereitung 3 (Ich habe folgende ergänzende Materialien zur Vorbereitung verwendet): *Nominalskaliert; 1-keines 2-eines 3-mehr als eines*

Passung:

Passung 1 (Video zu Schnell): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu, 2 3 4 5(- alle nicht ausformuliert), 6-trifft völlig zu*

Passung 2 (Inhalte verständlich erklärt): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu, 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert), 6-trifft völlig zu*

Passung 3 (Aufmerksam betrachtet): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu, 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert), 6-trifft völlig zu*

Passung 4 (Video gefällt mir): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu, 2 3 4 5(- alle nicht ausformuliert), 6-trifft völlig zu*

Persönlicher Nutzen:

Nutzen 1 (Video ist sinnvolle Ergänzung): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert) 6-trifft völlig zu*

Nutzen 2 (Video hat mir geholfen): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert) 6-trifft völlig zu*

Nutzen 3 (Video hat mehr geholfen als Anleitungstext): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu 2 3 4 5(- alle nicht ausformuliert) 6-trifft völlig zu*

Nutzen 4 (Video mehrmals gesehen): Nominalskaliert; *1-nein 2-ja*

Erfolg Studierende Selbsteinschätzung:

Erfolg 1-6 (je nachdem wie viele Fragen auf dem jeweiligen Fragebogen sind): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert) 6-trifft völlig zu*

Erfolg nach Einschätzung der Betreuenden:

Betreuer 1-6 (je nachdem wie viele Fragen auf dem jeweiligen Fragebogen sind): Intervallskaliert; *1-trifft nicht zu 2 3 4 5(-alle nicht ausformuliert) 6-trifft völlig zu*

BetreuerNote: Intervallskaliert; 1-Sehr Gut 2-gut 3-befriedigend 4-genügend 5-nicht genügend

BetreuerPunkteVB: Intervallskaliert; Zahl (0-3)

BetreuerPunkteDF: Intervallskaliert; Zahl (0-4)

4.8. Rahmenbedingungen und Durchführung der Untersuchung

Nach einer Analyse der organisatorischen Rahmenbedingungen der Durchführung des Anfängerpraktikums ergaben sich folgende Herausforderungen, welchen das allgemeine Design der Untersuchung standhalten musste.

1. Verschiedene Betreuungspersonen

Im Semester der Untersuchung waren insgesamt vierzehn verschiedene Betreuungspersonen für die Betreuung der betroffenen Praktikumseinheiten zuständig. Nur ein Teil dieser Personen nahm an den Interviews zur Themenfindung teil. Alle diese Betreuungspersonen hatten durch Ihre persönlichen Erfahrungen und Hintergründe Individuelle Betreuungs-, und Bewertungsschemas. Vor allem aber waren nur wenige in die Entwicklung des Projekts eingebunden und daher gab es sehr unterschiedliche Erwartungen und Vorstellungen zum Projekt. Dies könnte einerseits im Hinblick auf die Objektivität ein Vorteil sein, aber andererseits auch eine Schwierigkeit darstellen, wenn sich die subjektiven Bewertungs- und Betreuungsmuster stark unterscheiden.

2. Mehrere nebeneinander arbeitende Gruppen

An manchen Tagen waren bei einigen Experimenten bis zu fünf Gruppen im selben Raum tätig. Einerseits hätte das Ansehen von Videos mit Ton störend für die anderen Studierenden sein können, andererseits die anderen Gruppen eine Störung/Ablenkung für die Probanden darstellen können.

3. Gruppen, die nacheinander Experimente durchführen

Einige Experimentierplätze waren so verortet, dass sie der Reifolge nach im selben Raum nebeneinander waren. Das bedeutete, dass eine Gruppe ohne Video direkt neben einer Gruppe mit Video sitzen konnte und so möglicherweise bereits eine Woche vorher das Video betrachten konnte.

4. Vervielfältigung

Studierende konnten versuchen die Videos herunter zu laden und zu vervielfältigen. Auf diese Weise hätte nicht mehr sicher nachvollzogen werden können welche Probanden wann, wie oft und unter welchen Bedingungen die Videos zu Vorbereitung gesehen haben. Dies hätte die Effekte bei der Untersuchung stark abfälschen können.

5. Kommunikation

Die Studierenden hätten untereinander Informationen austauschen können, welche nur in den Videos vorhanden sind. Auch in anderen Praktikumseinheiten ohne Untersuchungen gehört es zur Praxis, dass Studierende einander aushelfen, insbesondere, wenn eine Studierendengruppe die

Experimente einer anderen im selben Raum bereits zuvor durchgeführt hat. Diese Hilfestellungen entsprächen zwar im Allgemeinen der gängigen Praxis, wären aber entgegen der Hilfestellungen der Betreuungspersonen bezüglich Häufigkeit und Intensität zu inkonsistent um sie bei der Befragung als gesonderte Einflussgröße zu berücksichtigen.

6. Videos tatsächlich sehen

Um etwaige Effekte zu messen muss einerseits eine klare Trennung von Kontroll-, und Testgruppe gewährleistet werden, andererseits muss bei der Testgruppe sichergestellt werden, dass zumindest genügend Probanden die Videos in voller Länge gesehen haben um eine statistische Auswertung zu ermöglichen. Für statistisch verlässlichere Ergebnisse ist es anzustreben, dass alle Probanden der Testgruppe die jeweiligen Videos mit Sicherheit zumindest einmal in voller Länge gesehen haben.

7. Verfügbarkeit der Videos

Die Videos sollten, auch wegen der oben genannten möglichen Vervielfältigung, den Studierenden nur innerhalb eines kontrollierbaren Rahmens zur Verfügung stehen. Dazu wäre es nötig eine Wiedergabeform zu finden, die es erlaubt die Videos gezielt einzelnen Personen zeitlich begrenzt zugänglich zu machen.

8. Unterschiedliche Voraussetzungen

Im Wintersemester 2015/16 besuchten die Studierenden des Lehramts das zweite Anfängerpraktikum und befanden sich größtenteils im dritten Studiensemester, während die Studierenden des Bachelors Physik das erste Praktikum absolvierten, sich aber ebenfalls größtenteils im dritten Studiensemester befanden. Daher unterschieden sich die Zielgruppen in der Vorerfahrung und im Vorwissen, insbesondere bezüglich des Gerätehandlings voneinander, was zu einer Abfälschung der Effekte hätte führen können.

Entsprechend der oben genannten Herausforderungen für eine effektive Durchführung der Untersuchung wurde der Ablauf folgendermaßen strukturiert:

Um die in Punkt 1 genannten Bedingungen auszugleichen wurden alle betroffenen Betreuungspersonen vorab vom Autor persönlich über Ziel, Inhalt und Ablauf der Untersuchung informiert und gebeten das Gespräch mit den Studierenden in der Testphase erst nach einmaliger Betrachtung des Videos aufzunehmen. Außerdem wurden die Betreuungspersonen dazu angehalten sowohl in der Kontroll-, als auch in der Testphase der Erhebung den Studierenden die Gelegenheit zu geben die Experimente „nur“ mit der eigenen Vorbereitung durchzuführen und Hilfestellungen nur bei Bedarf und nicht auf Verdacht zu geben.

Anstatt die Kontroll- und Testgruppenbefragungen gleichzeitig durchzuführen, wurde die Kontrollgruppe in der ersten Hälfte des Semesters durchgeführt und die Testgruppe in der zweiten Hälfte. Die letzte Woche wurde je nach Bedarf auch der Testgruppe zugeordnet, da in den letzten beiden Wochen weniger Studierende ins Praktikum kommen. Dies war möglich, da alle Gruppen in der ersten Einheit zufällig einem von den zwölf Experimenten zugeteilt wurden und danach jede Woche der Reihe nach das jeweils nächste Thema bearbeiteten. Dies ist exemplarisch in Abb. 4.2. dargestellt. Hierbei sei erwähnt, dass die Studierenden des Bachelors erst ab der zweiten Woche mit dem rotierenden Praktikumsverlauf anfangen. In der Ersten Woche bearbeiteten alle Gruppen des Bachelors dasselbe Grundlagenbeispiel zur Elektrizitätslehre.

<u>Pretesting</u>	Kontrollgruppe					Testgruppe					Ergänzung
W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
Beispielgruppe 1 Lehramt											
LW 3	LW 4	LW5	LW6	LW7	LW8	LW 9	LW10	LW11	LW12	LW 1	LW 2
Beispielgruppe 2 Bachelor											
PW 1	PW5	PW6	PW7	PW8	PW9	PW10	PW11	PW12	PW2	PW3	PW 4
Beispielgruppe 3 Bachelor											
PW 1	PW3	PW4	PW5	PW6	PW7	PW8	PW9	PW10	PW11	PW12	PW 2

Abbildung 4.2.: Organisationsplan für die zeitliche Durchführung der Untersuchung mit Beispielen

Durch diese Organisation wurde Punkt 4 der Herausforderungen Rechnung getragen, da ab der Mitte des Semesters alle Gruppen bei den verbliebenen Experimenten die Videos zur Verfügung hatten, was eine Vervielfältigung zumindest unnötig machte. Außerdem wurde auf diese Weise auch gewährleistet, dass keine Gruppe einen eventuell unfairen Vorteil gegenüber anderen hat, weil praktisch alle Gruppen bei 1-2 Experimenten ein Video zur Verfügung hatten. Im Fall, dass dennoch ein maßgeblicher Unterschied bei der Punktebewertung durch die Betreuungspersonen festgestellt wurde, welcher auf die Videos zurückzuführen war, wurde gegebenenfalls mit der Praktikumsleitung eine Anpassung der Noten besprochen um den ethischen Richtlinien der guten wissenschaftlichen Praxis gerecht zu werden.

An dieser Stelle könnte man allerdings kritisieren, dass in der zweiten Semesterhälfte bereits „Reifungsprozesse“ seitens der Studierenden stattgefunden haben, welche unabhängig von den Videos tendenziell zu besseren Leistungen führen. Dies ist allerdings auszuschließen, weil alle Praktikumseinheiten verschiedene thematische Inhalte und Versuchsaufbauten haben und somit immer neue andere Herausforderungen darstellen. Auch von einer Anpassung an die individuellen Bewertungsmodalitäten der Betreuungspersonen wird nicht ausgegangen, da die

Betreuungspersonen nicht Gruppen, sondern Experimente betreuen und daher fast jede Woche eine andere Studierenden-Betreuer-Konstellation entsteht.

Die Arbeitsplätze der Studierenden während des Praktikums wurden so vorbereitet, dass an jedem Arbeitsplatz ein PC mit einem großen Bildschirm und genügend Kopfhörer zur Verfügung standen, sodass an jedem Platz 2-3 Studierende gleichzeitig die Videos ansehen konnten. Damit wurde Punkt 2 Rechnung getragen.

Alle Studierenden wurden vom Autor und der Praktikumsleitung am jeweils ersten Praktikumstag ebenfalls gründlich über Ablauf Inhalt und Ziel der Studie informiert und an den Arbeitsplätzen wurden stets vorab die entsprechenden Fragebögen bereitgelegt. Zusätzlich wurden alle Studiengruppen der betroffenen Praxiseinheiten vom Autor an Ihren Experimentierplätzen angesprochen um etwaige Fragen zu klären und sicherzustellen, dass die Videos angesehen werden können und der Ablauf klar ist. Auf diese Weise konnten durch gründliche Information der Studierenden zusammen mit der zeitlichen Strukturierung die Punkte 3,4 und 6 berücksichtigt werden, da den Studierenden klar kommuniziert wurde, dass ab Beginn der Testphase die Videos bei allen betroffenen Einheiten verwendet werden könnten, weshalb eine Vervielfältigung der Videos allenfalls zu einer Verfälschung des Untersuchungsergebnisses führen würde und keinen unmittelbaren Vorteil mit sich brächte.

Studierende der Kontrollgruppe hatten dabei, abgesehen von der regulären Durchführung der Praxiseinheit, nur die Fragebögen auszufüllen. Studierende der Testgruppe sollten sich außerdem vor dem Experimentieren und vor dem einführenden Gespräch mit der Betreuungsperson das entsprechende Video einmal in voller Länge ansehen und anschließend die Einheit in gewohnter Form absolvieren, wobei ihnen das Video aber weiterhin für die wiederholte Betrachtung zur Verfügung stand.

Um die Verfügbarkeit der, und die Zugriffe auf die Videos (siehe Punkt 7 Kapitel 4.8.) einigermaßen kontrollieren zu können wurden sie auf ein Youtube-Konto geladen, von wo aus sie mit einem weiteren Konto auf eine Weise geteilt wurden welche es nur diesem Konto erlaubt die Videos anzusehen. Die Studierenden mussten sich also zuerst mittels eines am Arbeitsplatz zur Verfügung gestellten Links einloggen. Findige Studierende hätten zwar auf diese Weise theoretisch die anderen Videos auch ansehen können, allerdings nur während der Praktikumszeit. Sollte ein Studierender die Login Daten kopieren und sich von einem anderen Rechner einloggen wäre eine automatische Benachrichtigung darüber versandt worden, wodurch sich solche Aktivitäten im Anlassfall unterbinden hätten lassen.

Bezugnehmend auf die Probleme von Punkt 8: Wie zuvor erwähnt unterschied sich die erste Praxiseinheit für die Bachelorstudenten insofern grundlegend von allen anderen, als dass sie von allen Studierenden eines Praxistages gemeinsam durchgeführt wurde. Alle Studierenden

des jeweiligen Tages bearbeiteten also dieselben grundlegenden Experimente zum Gleich-, und Wechselstrom, allerdings in festgelegten Zweierteams. Dabei wurden alle Studierenden gemeinsam von einer Betreuungsperson an die Grundlagen der Messtechnik und die wichtigsten Messgeräte herangeführt. Obwohl die Inhalte dieser Praktikumseinheit inhaltlich am besten zu einem der Videos gepasst hätten, gab es von der Praktikumsleitung die Vorgabe diese Einheit in unveränderter Form durchzuführen. Der positive Nebeneffekt davon war aber eine Annäherung der Voraussetzungen der Beiden Zielgruppen, da auf diese Weise beide Gruppen im Allgemeinen zumindest einmal mit Messgeräten gearbeitet hatten und im Speziellen Experimente aus dem Bereich der Elektrodynamik durchgeführt hatten. Aufgrund dieser Umstände wurde gemeinsam mit der Praktikumsleitung beschlossen die Untersuchung in der zweiten Praktikumswoche mit der Kontrollgruppe, also ohne Videos zu beginnen. Danach sollten bis inklusive der sechsten Praktikumswoche alle Studierenden, welche die entsprechenden Experimente bearbeiteten sowie deren Betreuungspersonen die Kontrollgruppenfragebögen ausfüllen. Ab der siebten bis zur inklusiven elften Praktikumswoche (siehe Abbildung 4.2.) wurden alle Studierenden dazu angehalten sich die betreffenden Videos anzusehen und den Testgruppenfragebogen auszufüllen, welcher zusätzlich zu den Fragen der Kontrollgruppe, Fragen zu den Inhalten des Videos beinhaltete.

Für die Abgabe der Fragebögen wurde im Vorraum des Praktikumsbereichs eine Box aufgestellt welche ein anonymes Einwerfen ermöglichte und täglich entleert wurde.

Durch das tägliche Entleeren konnte während der Untersuchung die Rücklaufquote überprüft werden um gegebenenfalls Anpassungen bei der Durchführung zu machen.

Zusammenfassend sind die wissenschaftlichen Gütekriterien bei dieser Evaluation durch folgende Maßnahmen erfüllt:

Objektivität: Die Fragebogen werden anonym und nicht im Beisein der Betreuer oder des Studienleiters ausgefüllt. Diese Information wurde nachweislich jedem Studienteilnehmenden und jeder Betreuungsperson übermittelt.

Alle Beteiligten wurden darüber informiert, dass ein wahrheitsgemäßes Beantworten der Fragen sowohl im Interesse der Forschung, als auch im persönlichen Interesse jedes Beteiligten liegt, da das Ziel eine Verbesserung der Lernmaterialien für die Lehrveranstaltung ist.

Reliabilität: Die Reliabilität wurde im Nachhinein durch eine statistische Analyse der Daten überprüft. Die Voraussetzungen waren allerdings durch die große Stichprobe gut. Eine gezielte Auswahl der Testpersonen für die Untersuchung war in diesem Projekt leider nicht möglich. Da aber

bei Kontroll- und Testgruppe die gleichen Personen, allerdings bei anderen Beispielen/Themen untersucht werden, wird von einer Vergleichbarkeit der Gruppen ausgegangen.

Validität: Die Fragebögen wurden in mehreren Arbeitsschritten durch ein Multi-Method Pretesting überarbeitet (siehe Kapitel 4.5.1.c.) und die gesammelten Daten wurden nach der Untersuchung einer Faktorenanalyse unterzogen.

Pragmatische Kriterien: Die Beantwortung der Fragebögen war mit einem sehr geringen Zeitaufwand verbunden und alle Teilnehmenden wurden bestmöglich auf den formalen Ablauf der Untersuchung vorbereitet. Alle Arbeitsplätze wurden stets so präpariert, dass die Studierenden sofort mit der Betrachtung der Videos beginnen konnten und die Fragebögen bereits dort vorfanden. Auch allen Betreuenden wurden die Fragebögen an jedem Praktikumstag persönlich überreicht. Die Abgabe der Fragebögen erfolgte durch eine Box im Aufenthaltsbereich des Anfängerpraktikums; also für alle leicht zugänglich.

Ethische Kriterien: Alle Studierenden-Gruppen bekamen in der Testphase bei mindestens einer und maximal drei der Praktikumseinheiten ein Video zur Verfügung gestellt. Sollte bei der Auswertung der Ergebnisse dennoch ein klarer Vorteil für die Testgruppe beobachtet werden, welcher sich auf die Benotung der Praktikumsleistung auswirken hätte können, so wurde mit der Praktikumsleitung vereinbart die Bewertungen der betroffenen schlechteren Gruppe im Zweifelsfall anzugleichen. Diese Information wurde auch den Studierenden gegeben. Die Studierenden wurden persönlich und durch den Fragebogen über die Anonymität ihrer Angaben informiert.

5. Ergebnisse

5.1. Ergebnisse der Bedarfserhebung:

Aus der interpretativ-reduktiven Inhaltsanalyse (siehe Kap. 4.1.) ergaben sich folgende fünf Hauptkategorien:

- Oszilloskop (Nennung von 5 von 7 Betreuungspersonen)
- Handling Optischer Geräte (6 von 7)
- Grundlagen der Elektrizitätslehre (6 von 7)
- Wellenoptik und Polarisation (5 von 7)
- Halbleiter (4 von 7, wobei hier anzumerken ist, dass zwei der Nennungen von den Betreuenden stammten, welche bei fast allen Gruppen und viele Jahre die betreffenden Praktikumsbeispiele betreut hatten. Eine Nennung durch diese Betreuenden war anders zu gewichten, weil sie einerseits als einzige in der Lage waren Probleme zu identifizieren, und andererseits besonders vielfältige Erfahrungen in der Betreuung dieses speziellen Gebiets aufwiesen.)

(Anm: Der Großteil der Betreuer ist nur an gewissen Wochentagen mit der Betreuung des Anfängerpraktikums betraut und sammelt somit weniger Betreuungserfahrung als jene, die an den meisten oder allen Wochentagen die Praktika betreuen, wie Dr. Nagel und Dr. Markowitsch)

In den diese Phase abschließenden „Experten-Interviews“ mit den Praktikumsleitern einigte man sich darauf, dass drei Videos von fünf bis maximal zehn Minuten Länge produziert würden. Die Grob-Inhalte (vgl. Prä-Produktion Kapitel 4.2.) der Videos sollten Folgendes umfassen:

Digitales Speicheroszilloskop:

- Vorstellung der grundlegenden Funktionen des Geräts: Darstellung von bis zu zwei Spannungsmesskurven auf dem Schirm, verschiedene Skalierung der Messkurven, Glätten eines Signals, X-Y Darstellung, etc.
- Darstellung der drei grundlegenden Methoden Ergebnisse zu messen:
 - Direktes Ablesen mit dem Raster am Schirm
 - Ablesung mit Cursors
 - Measure-Menü
- Vorstellung der wichtigsten Problemlösungsstrategien am Oszilloskop, wenn keine geeignete Messung gelingt:
 - Überprüfung der Schaltung
 - Zentrierung der Kurve

- Anpassung der Skalierung
- Mittelwertbildung zur Rauschunterdrückung
- Run-Stop Taste

Prismenspektrometer:

- Grundlegender Ablauf einer Messung mit dem Prismenspektrometer/Präzisions-Goniometer
- Visualisierung des Strahlenverlaufs
- Besonderer Fokus auf die richtige Justierung des Geräts und der Winkelskala sowie des korrekten Ablesens des Winkels

Grundlagen des Schaltungsbaus und Kirchhoff'sche Gesetze:

- Kurze Zusammenfassung der Grundlegenden Gesetze (Ohm, Kirchhoff) für den Aufbau einfacher Stromkreise und deren grafische Darstellung
- Kurze Erläuterung des Verhaltes von Strom und Spannung in einer Serien- und Parallelschaltung
- Schrittweise Anleitung für den grundlegenden Schaltungsbau auf Steckbrettern mit Laborkabeln und Multimetern sowie dessen Überprüfung

Des Weiteren sollte ein viertes Video zum **PN-Übergang** produziert werden. Dieses wurde allerdings als letzte Priorität behandelt, weil dieses Experiment in dem betreffenden Semester nur von den Lehramts-Studierenden bearbeitet würde, also nur von knapp einem Drittel aller PraktikumssteilnehmerInnen. Das Video dazu sollte folgende Inhalte behandeln:

- Grundlegender Aufbau einer Diode: P-, und N-Dotierung, Sperrschicht
- Besonderer Fokus auf Diffusionsvorgänge und das Entstehen der Sperrschicht am PN-Übergang
- Funktion einer Diode als Bauteil in einer Schaltung
- Vorgänge in einer Diode beim Schalten in oder gegen Durchlassrichtung

5.2. Ergebnisse der Videoproduktion

5.2.1. Storyboard

Die Storyboards wurden wegen ihres Formats und ihrer Länge im Anhang D verortet. Im Folgenden ist nur das Drehbuch (Sprechtext ohne Regieanweisungen) zum Oszilloskop Video angefügt, da für dieses kein Storyboard erstellt wurde, weil die Video-Einstellungen für den Großteil des Videos nur Frontansichten des Oszilloskops waren und die „cues“ (siehe Kapitel 3.10.) ohnehin in der Post-Produktion hinzugefügt wurden.

„Bei Inbetriebnahme des DSOs sollten Sie als erstes sicherstellen, dass der Funktionsgenerator und das Oszilloskop nicht kurzgeschlossen sind. Die Eingänge des Oszilloskops messen nämlich immer den Potentialunterschied vom Innenleiter zum Außenleiter des Koaxialkabels. Dieser ist in diesem Fall geerdet und stellt dadurch ein einheitliches Bezugspotential her.

Bei Laborkabeln ist der Außenleiter schwarz gekennzeichnet oder mit einer Noppe versehen. Wenn Sie ausversehen verschiedene Außenleiter mit Punkten in der Schaltung verbinden, die eigentlich ein unterschiedliches Potential haben sollten, werden alle Bauteile zwischen ihnen durch die Erdung überbrückt und Sie werden keine sinnvollen Messungen durchführen können.

Haben Sie die Schaltung überprüft, können Sie die Spannungsquelle und das Oszilloskop einschalten.

Nun wird das Oszilloskop Messungen durchführen und diese als Kurve auf dem Schirm anzeigen.

Sie haben jetzt mehrere Einstellungsmöglichkeiten um die Messskalen zu verändern und die Ergebnisse auf verschiedene Weisen darzustellen.

Auf dem Schirm wird in der Grundeinstellung Spannung auf der vertikalen Achse gegen Zeit auf der horizontalen Achse aufgetragen.

Zu beiden Größen gehört rechts eine Spalte mit Einstellungsmöglichkeiten.

Da das Oszilloskop gleichzeitig zwei Spannungssignale messen kann, gibt es für die beiden Spannungskurven für beide Kanäle separat die gleichen Stellrädchen.

Die Messkurve lässt sich in horizontaler und vertikaler Richtung durch die oberen Stellrädchen verschieben. Dabei wird immer ein Pfeil am Bildschirm zu sehen sein, welcher die Nullstellung anzeigt. Befindet sich die Messkurve außerhalb des Bildschirms, sind die Pfeile am jeweiligen Rand zu finden.

Die unteren Stellrädchen Volt/Div und Sec/Div verändern die Skalierungsbasis der zugehörigen Größe auf der Anzeige. Die Bezeichnung „pro Division“ bedeutet, dass ein Skalenanteil des Rasters am

Schirm der momentan eingestellten Skalierungsbasis entspricht. Diese wird immer am unteren Bildschirmrand angezeigt.

Die momentan angezeigte Zahl entspricht also immer der Breite eines Kästchens für die Zeit, bzw. der Höhe für die Spannung. Hier wäre ein Kästchen also ... Volt hoch und ... Sekunden breit.

Es gibt viele weitere Möglichkeiten das Signal zu manipulieren; hier werden wir nur auf die wichtigsten eingehen.

Allgemein gilt, dass die Einstellungsmöglichkeiten in Menüs zusammengefasst sind. Wählen Sie durch Knopfdruck eines dieser Menüs aus. So werden die Menüoptionen rechts im Bildschirm angezeigt. Das momentan ausgewählte Menü wird oben angezeigt und die Menüpunkte zeigen die Namen und derzeitige Einstellung der Menüoptionen an. Die jeweilige Einstellung lässt sich hier durch Tastendruck ändern.

Wählen wir z.B. das CH 1 Menü, werden die Einstellungsmöglichkeiten des ersten Signals angezeigt.

Der Menüpunkt „Coupling“ bestimmt, ob bei diesem Kanal überlagernde Gleichspannungen einer Wechspannung mitangezeigt werden oder nicht. Bei der Option AC werden sie vom Signal abgezogen, was zu einer Verschiebung in der Vertikalen führt.

Der Menüpunkt „Probe“ stellt das Oszilloskop auf optionale Tastköpfe ein welche das Signal verstärken können. Bei ihren Messungen sollte die Option 1x ausgewählt sein.

Wollen Sie nun eine Kurve vermessen, haben sie dafür 3 Möglichkeiten.

1. Wollen Sie zum Beispiel eine Spannungsspitze messen, verschieben sie zuerst die Kurve so, dass das Maximum möglichst genau in der Mitte des zentralen Messrasters liegt. Passen Sie dann Skalierung und Position der Kurve so an, dass sie möglichst groß abgebildet wird und die Nullpotentiallinie in der Mitte des Schirms liegt. Beachten Sie, dass die Kästchen an der Mittelskala nochmals in fünf Teile unterteilt sind, was eine genauere Auswertung ermöglicht. Die Unsicherheit dieser Ablesung ist dabei der kleinste Skalenanteil, also ein Fünftel der Skalierungsbasis. Wollen Sie eine Zeitmessung, wie zum Beispiel die Bestimmung der Periodendauer durchführen, wählen Sie die Position und Skalierung in horizontaler Ebene so, dass eine ganze Periode angezeigt wird und messen den Abstand zwischen zwei gleichsinnigen Punkten dieser Kurve. Diese Kurve hätte also folgende Periodendauer und Frequenz.

2. Die genauere Methode zum Ausmessen von Spannungen und Zeiten ist die Verwendung von Cursors. Drücken Sie die Menütaste „Cursor“. Nun erscheinen am Bildschirm zwei Linien. Falls nicht, drücken Sie einmal auf den Knopf neben „Type“. Bei den Menüoptionen können Sie zwischen

vertikalen, also Spannungscursorn oder horizontalen, also Zeitcursorn auswählen. Darunter können Sie den Kanal auswählen, auf dessen Spannungskurve sich die Cursor beziehen. In der Mitte des Menüs wird immer die Differenz der Werte angezeigt, an denen sich die Cursor gerade befinden. Darunter werden die momentanen Positionen der Cursor, a bezogen auf die Nullstellung der Zeit oder der Spannung des gerade ausgewählten Kanals angezeigt. Bewegen Sie die Kurve, ändern sich also die Positionen beider Cursor gleichzeitig. Solange das Cursormenü ausgewählt ist, was durch diese LEDs angezeigt wird, können Sie sie mit den Positionsstellrädchen der Spannungskanäle bewegen. Wollen Sie mit den Cursorn beispielsweise die Phasenverschiebung von zwei Signalen messen, so verbinden Sie ein zweites Koaxialkabel mit dem Eingang von Kanal 2 und aktivieren dessen Anzeige gegebenenfalls durch Drücken der „Channel 2“-Taste. Danach können sie mit den beiden Zeitcursorn die gleichsinnigen Nullstellen markieren, die Zeitdifferenz ablesen und zusammen mit der Periodendauer die Phasenverschiebung folgendermaßen berechnen. Da die Zeitskalierung für beide Kanäle immer gleich ist, müssen sie hierfür nicht zwingend die gleiche Spannungsskalierung haben. Die Nullpotentiallinien müssen aber beide im Nullpunkt der Skala liegen.

3. Das MEASURE Menü zeigt einige Auswertungen zuvor festgelegter mathematischer Operationen an. Dabei wird immer nur der Bereich ausgewertet, der auf dem Schirm angezeigt wird. Daher sollten Sie für Auswertungen mit dem MEASURE Menü immer mindesten drei ganze Perioden anzeigen. In diesem Menü werden nun beispielsweise Spitze-Spitze Spannung, die Periodendauer und die Frequenz von Kanal 1 sowie Frequenz und Periodendauer von Kanal 2 angezeigt. Wollen Sie die Art der Auswertung oder den Bezugskanal ändern, wählen sie dafür durch Tastendruck die jeweilige Menüoption aus und führen die gewünschten Änderungen durch.

X-Y Darstellung

Wollen Sie zwei Spannungsmessungen gegeneinander auftragen, so können Sie dies im Menü „Display“ tun. Dort wählen sie die XY Darstellung statt der YT Darstellung.

Troubleshooting:

Finden Sie keine Kurve am Bildschirm, überprüfen Sie zuerst ob die Anzeige der Kanäle aktiviert ist. Sind die Nullmarkierungen außerhalb des angezeigten Bereichs, bringen Sie diese zuerst in die Mitte des Schirms und ändern dann gegebenenfalls die Skalierung.

Wollen Sie die Zeit- oder Spannungsnullstellung genau in der Mitte des Schirms positionieren, so beachten sie die momentanen Positionswerte der Nullmarkierungen, welche bei deren Bewegung angezeigt werden. Für die Zeitachse können Sie auch einfach den „Set-to-Zero“ Knopf drücken welcher die Nullstellung automatisch zentriert.

Besonders bei kleineren Spannungen und schlechter Abschirmung kann es sein, dass das Signal verrauscht ist. Unter dem Menü ACQUIRE können sie einstellen, dass Mittelwerte über mehrere Messpunkte gebildet werden was die Kurve glatter darstellt.

Wollen sie ein Signal „einfrieren“ können sie mit der Taste RUN/STOP die Aufnahme von Messwerten unterbrechen und eine feste Messkurve untersuchen.“

5.2.2. Exemplarische Beschreibung des Videos zum Digitalen Speicheroszilloskop

In diesem Kapitel wird eines der Videos exemplarisch beschrieben und die einzelnen Charakteristika in Bezug zu den In Kapitel 3 genannten Lernpsychologischen Erkenntnissen gesetzt.

Stellenweise wird auch Bezug auf den entsprechenden Anleitungstext genommen welcher Ausgangspunkt für die fachliche Bearbeitung der Themen war.

Die Videos sind auf der PraktikumsHomepage (<http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/index.php>) verlinkt und öffentlich verfügbar.

Die Kürzel der Praktikumseinheiten bei denen die Videos gezeigt wurden sind folgende, wobei PW für das Bachelor of Science Studium der Physik und LW für das Bachelor of Education Studium des Lehramts Physik steht:

- Prismenspektroskop LW4/PW7
- Oszilloskop LW7/PW11
- Grundlagen der Elektrodynamik LW6/PW9
- PN-Übergang LW 11

Bei diesem Video handelt es sich im Wesentlichen um ein Bedienungsvideo zum Digitalen Speicheroszilloskop (DSO). Die Verwendung der Grundlegenden Funktionen eines DSO stellte nach Angaben vieler Betreuungspersonen eine immer wiederkehrende Herausforderung für die Studierenden dar. Ein weiteres häufiges auftretendes Problem bei allen Experimenten ohne vorgefertigten Schaltkreis war ein falscher Schaltungsbau.

Zur Bedienung des DSO existierte bereits ein Dokument welches ebenfalls auf der PraktikumsHomepage zugänglich war. Dieses war allerdings nicht in den jeweiligen Anleitungstext integriert.

Anmerkung zur Beschreibung der Szenen:

Von jeder Szene wird ein Screenshot gezeigt (siehe Abbildungen 5.1. bis 5.15.). Der Sprechtext wird jeweils unter dem Bild kursiv angeführt. An jenen Stellen im Text, an denen etwas am Bildschirm passiert, ist eine hochgestellte Zahl angeführt, die auf die Beschreibung darunter verweist (**Beispiel¹**). Die Zahl wird dort in eckigen Klammern wiederholt und die Vorgänge am Bildschirm beschrieben ([1]: Beispiel). Gegebenenfalls wird dort auch auf die angewendeten lernpsychologischen Prinzipien verwiesen und deren Zweck im jeweiligen Kontext genannt. Der Modalitätseffekt liegt schon der Verwendung des Mediums Video zugrunde und wird nicht mehr explizit erwähnt.



Abbildung 5.1.: Szene 1 Oszilloskop

„Dieses Video behandelt grundlegende Messungen mit dem digitalen Speicheroszilloskop“

Diese einführende Einstellung findet sich in allen Videos mit dem jeweiligen Titel wieder. Das Thema wird angekündigt und den Probanden bleiben einige Sekunden Zeit, um sich auf eine aufmerksame Betrachtung einzustellen. Das Titelbild ist an das Layout der Praktikumshomepage angepasst und zeigt den Titel der zugehörigen Lehrveranstaltung, den Titel des Videos sowie das Logo der Universität Wien.

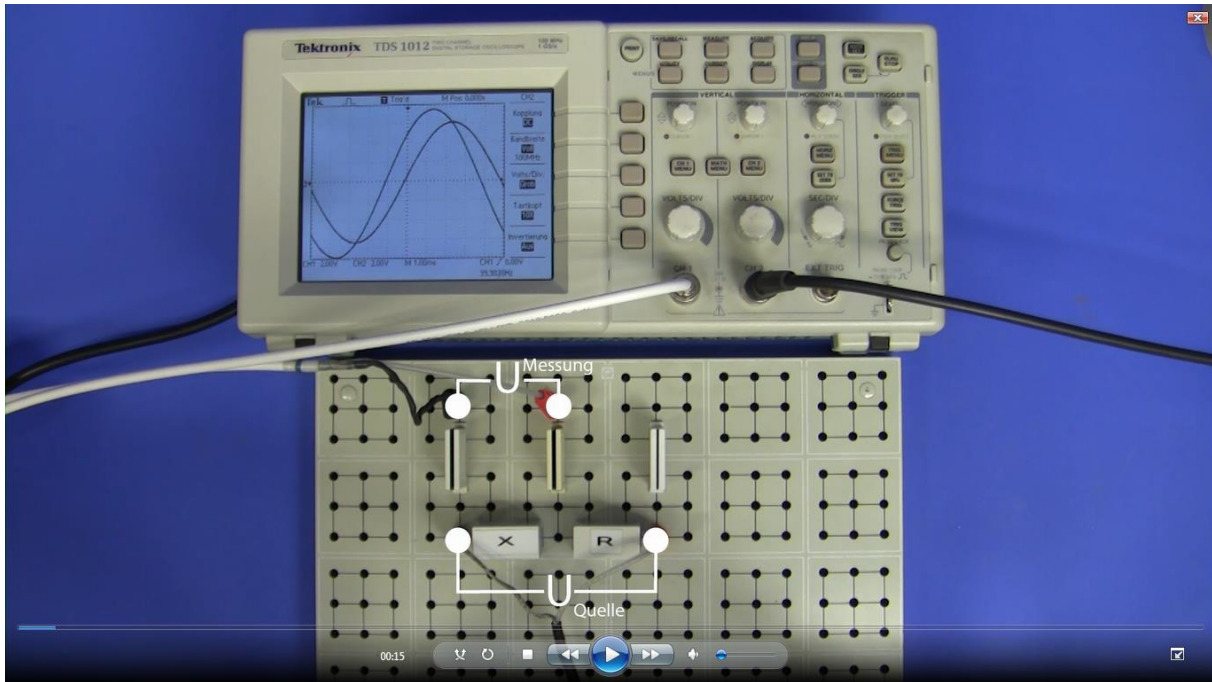


Abbildung 5.2.: Szene 2 Oszilloskop

„Zu Beginn der Messung sollten Sie sicherstellen, dass der Funktionsgenerator¹ und das Oszilloskop² nicht kurzgeschlossen sind“

Die erste Szenenfolge beschreibt kurz den Schaltungsaufbau. Nach Angaben der Praktikumsleitung gehört der grundlegende Schaltungsbau eigentlich in andere Praxiseinheiten und ist beim Durchführen von Messungen mit dem DSO kein Lernziel mehr, sondern eine Voraussetzung. Daher wurde dieses Thema im Video absichtlich in minimalem Umfang behandelt. Grundlegende Regeln beim Schaltungsbau werden ausführlicher im Video zu den Grundlagen der Elektrodynamik beschrieben. Deswegen, und um den *cognitive load* zu begrenzen, wurde der Funktionsgenerator nur bei einer Einstellung eingeblendet. Dies ermöglicht den Einsatz des Videos auch bei verschiedenen Experimenten, die keinen Funktionsgenerator verwenden. Die Betrachtenden müssen dabei auch nicht selbst herausfiltern, welche Informationen für Sie relevant sind (siehe *redundancy principle*, Kapitel 3.8.). Der Schaltungsaufbau und das Messgerät werden in der Totale gezeigt. Alle nicht zum Experiment gehörenden Gegenstände wurden entfernt und der Hintergrund einfarbig gehalten.

[1 & 2]: Die Spannungssymbole werden am entsprechenden Ort eingeblendet.

Dadurch, dass alle diese Elemente zeitlich und örtlich nahe beieinander sind, wird das *split attention principle* bzw. das *spatial and temporal contingency principle* (Siehe Kapitel 3.6.) berücksichtigt. Diese Einstellung stellt eine hohe visuelle kognitive Anforderung dar, da weit mehr als sieben Elemente

verarbeitet werden müssten. Hier wurde dem *split attention principle* Vorrang vor einer geringen *item interactivity* (vgl. Kapitel 3.6.) gegeben. Dies einerseits, weil eine zu geringe kognitive Anforderung zum *expertise reversal effect* (vgl. Kapitel 3.9.) führen könnte, andererseits, weil der Großteil der sichtbaren Elemente zu einem späteren Zeitpunkt im Video genauer besprochen wird. Außerdem wird die Aufmerksamkeit des Zusehers durch das Erscheinen der Spannungssymbole (vgl. *cueing*, Kapitel 3.10.) auf die wesentlichen Ausschnitte des Bildes gelenkt.

Ideal wäre es gewesen, ein sehr kurzes Koaxialkabel zu verwenden, welches vom DSO zur Schaltung geht, ohne dabei den Bildrand zu verlassen - um noch klarer zu zeigen, wo der DSO die Spannung misst. Ein solches stand aber leider nicht zur Verfügung und so wurde zumindest darauf geachtet, dass das Kabel des Funktionsgenerators (schwarz, rechts) von rechts außen ins Bild kommt, während das Kabel für die Messung (weiß, links) vom DSO nach links außen geht und vom gleichen Punkt zur Messung zurückführt. Es wäre auch denkbar gewesen, hierfür nur den Schaltungsaufbau zu zeigen, um den *cognitive load* zu verringern. Aber das visuelle Narrativ des Videos ist derart, dass immer auch das Messgerät, welches der eigentliche Fokus des Videos ist, zu sehen ist. Mit diesem Narrativ in der ersten Szene zu brechen, würde deren Inhalt vom Rest des Videos dissoziieren.

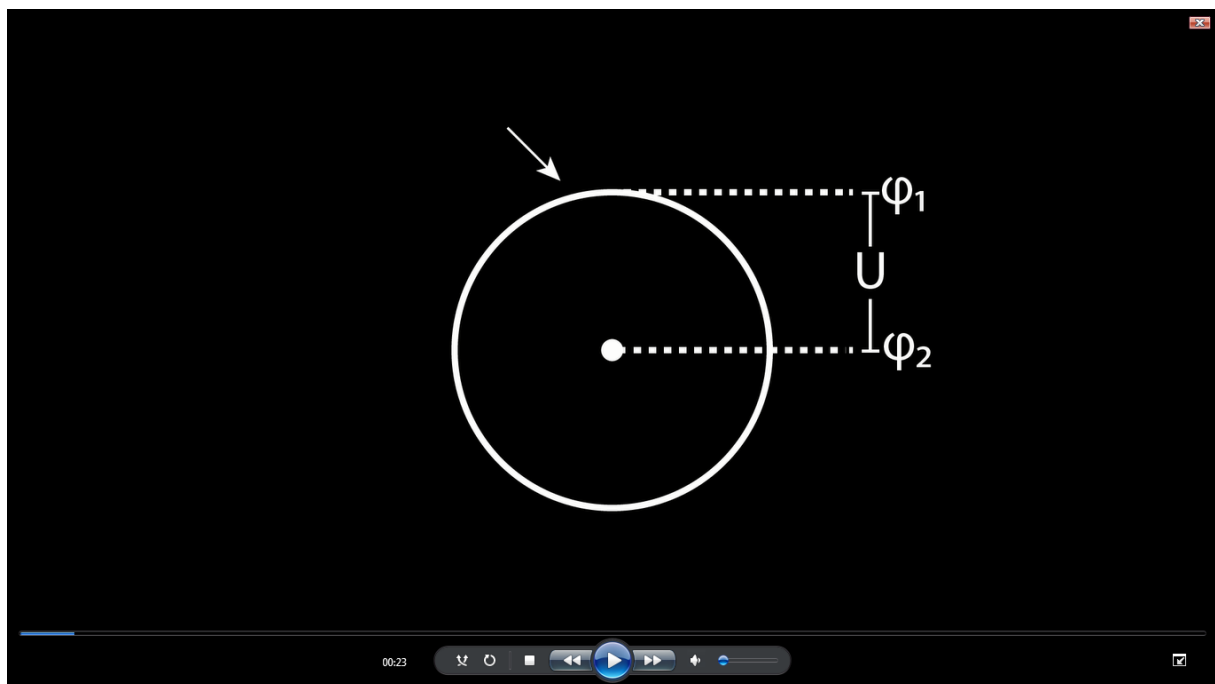


Abbildung 5.3.: Szene 3 Oszilloskop

„Die Eingänge des Oszilloskops messen nämlich immer den Potenzialunterschied vom Innenleiter¹ zum Außenleiter² des Koaxialkabels. Dieser ist in diesem Fall geerdet³ und stellt dadurch ein einheitliches Bezugspotenzial her.“

In dieser Einstellung wird der schematische Querschnitt eines Koaxialkabels gezeigt. Wenn man nur den Screenshot betrachtet, könnte man davon irritiert sein, dass keines der Objekte beschriftet ist. Dies ist aber eine direkte Konsequenz daraus, dass die Bezeichnungen bereits akustisch zu hören (*redundancy*, siehe Kapitel 3.8.) waren und durch die visuellen Hinweise eindeutig den entsprechenden Objekten zuordenbar sind. Die Wahl des schwarzen Hintergrundes wurde deshalb getroffen, weil so die besten Kontrastverhältnisse für die Betrachtung sowohl in dunkler als auch in heller Umgebung gegeben sind. Zu Beginn ist nur die Querschnittsskizze des Koaxialkabels zu sehen.

[1 & 2]: Es erscheint ein Pfeil (*cue*), der auf den entsprechenden Teil der Skizze zeigt, von wo aus sich eine gestrichelte Linie nach außen bildet, und der bei dem Potenzialzeichen endet.

[3]: Neben dem Potenzialzeichen des Außenleiters (in der Skizze oben) wird ein Gleichheitszeichen mit Null eingeblendet.

Diese Einstellung stellt wiederum für einen Physik-Novizen eine große kognitive Belastung dar. Aber da die Betrachter in diesem Fall auf das Thema vorbereitet sind und die Elemente graduell und nicht gleichzeitig eingeführt werden, wird eine optimale kognitive Auslastung angestrebt.

Auch für diesen Teil der Einführung gilt, dass bei der Besprechung der Inhalte vereinbart wurde, dass diese Informationen zum Schaltungsbau „für die Vollständigkeit“ im Video sein sollten, aber nicht in den Fokusbereich des Videos (tatsächliche Messungen mit dem DSO nach erfolgreichem Schaltungsbau) fallen, und daher knappst möglich behandelt, und in der Erhebung nicht eingeschlossen werden.



Abbildung 5.4.: Szene 4 Oszilloskop

„Bei Laborkabeln ist der Außenleiter schwarz¹ gekennzeichnet oder mit einer Noppe² versehen“

Es wird ein Standbild mit den beiden Kabelendungen eingeblendet, die im Anfängerpraktikum zur Anwendung kommen.

[1]: Die weißen Markierungen (*cueing*) werden bei den entsprechenden Teilen, zusammen mit den zuvor verwendenden Null-Potenzial-Zeichen eingeblendet.

[2]: Die Markierungen verschwinden, und eine Markierung bei der Noppe wird eingeblendet.

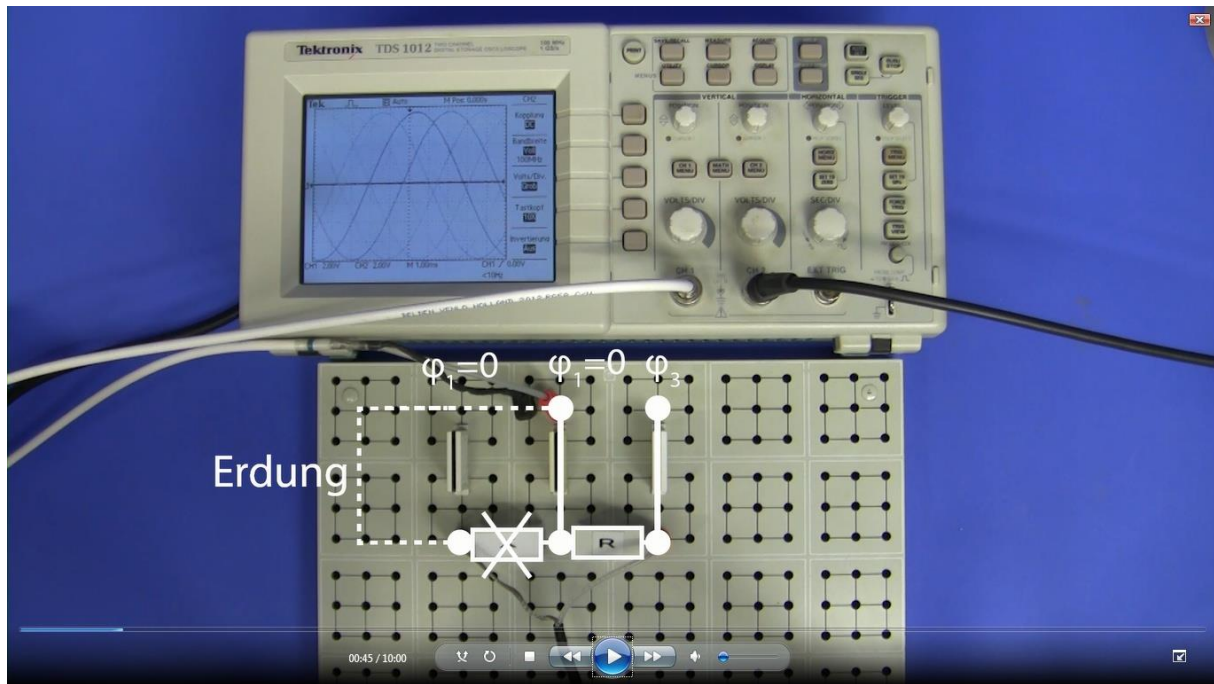


Abbildung 5.5.: Szene 5 Oszilloskop

„Wenn Sie aus Versehen verschiedene¹ Außenleiter mit Punkten in der Schaltung verbinden, die eigentlich² ein unterschiedliches Potenzial haben sollten, werden alle Bauteile³ zwischen ihnen durch die Erdung überbrückt und Sie werden keine sinnvollen Messungen durchführen⁴ können“

In dieser Szene wird wieder die Einstellung der ersten Szene aufgegriffen, wodurch klarer wird, dass das weiße Kabel das für diese Messung relevante ist.

[1]: Es werden, zusätzlich zu den in Szene 1 gezeigten Spannungssymbolen, Symbole für Bauteile über den tatsächlichen Bauteilen eingeblendet, um zu verdeutlichen, wie sie miteinander verbunden sind. Man erkennt dadurch leichter, dass die Messung am Anfang parallel zum unbekannten Widerstand „X“ geschaltet ist und die Quellspannung an beiden Widerständen in Serie anliegt. Der Übersichtlichkeit halber wurde auch der Punkt rechts mit einer Linie nach oben verbunden, da die Kernaussage dieses Segments die Potentiale betrifft und diese daher räumlich nahe beieinander zu sehen sein sollen. (*spatial split attention*)

[2]: Die Spannungssymbole werden ausgeblendet und ein Leitungssymbol erscheint für die Erdung zusammen mit der Beschriftung „Erdung“ und die Spannungssymbole für die drei unterschiedlichen Potentiale. In diesem Fall wird das Wort „Erdung“ zwar zu Anfang redundant zum Sprechtext verwendet, es dient aber wegen den vielen anderen Elementen als *cue* und als Beschriftung für den Leiterast. Es wäre auch denkbar gewesen, eine Abkürzung oder ein Erdungssymbol zu verwenden.

Diese hätten aber zuvor eingeführt bzw. beschrieben werden müssen. Außerdem sollte diese Einstellung auch dann einen erklärenden Wert haben, wenn das Video an dieser Stelle pausiert würde und somit kein Sprechtext zu hören wäre. Ein entscheidender Vorteil bzw. Unterschied zu einer textbasierten Erklärung ist, dass hier unmittelbar sichtbar ist, was am Schirm des DSO zu sehen ist, wenn der Außenleiterkontakt umgesteckt wird.

[3]: Der obere Außenleiter wird per Jump-cut (das tatsächliche Umstecken wird nicht gezeigt) mit dem mittleren Potenzial verbunden. Gleichzeitig ändert sich das zweite Potenzialsymbol auf null und der unbekannte Widerstand „X“ wird durchgestrichen. Auf dem Schirm ist die entsprechende Messung zu sehen. Hierbei handelt es sich wiederum um einen dezidierten Vorteil eines Videos gegenüber einem Text, da in einem Text diese Aktionsfolge nur als Bildsequenz mit zugehörigen Beschreibungen umsetzbar wäre. Das würde zu unnötigen Such- und Zuordnungsaufgaben führen, während im Video unmittelbar klar ist, welche Aktion welche Konsequenz am Schirm hervorruft. (vgl. Kapitel 3.5., 3.6. und 3.7.)

[4]: Der obere Außenleiter wird per Jump-cut mit dem rechten Potenzial verbunden, beide Bauteile sind durchgestrichen und das dritte Potenzialsymbol zeigt ebenfalls Null. Auf dem Bildschirm ist die entsprechende Null-Linie zu sehen, da beide Kontakte der Spannungsquelle geerdet sind. Diese Schlusseinstellung wird noch einige Sekunden gezeigt damit die Studierenden genug Zeit haben, die verschiedenen Elemente und Vorgänge nachzuvollziehen. Diese kurzen Pausen insbesondere an den Stellen höherer visueller oder inhaltlicher Anforderung sind wichtig, um dem Betrachter die Zeit zu geben das Gesehene/Gehörte in ein mentales Modell zu integrieren (vgl. Kapitel 3.5., 3.6)

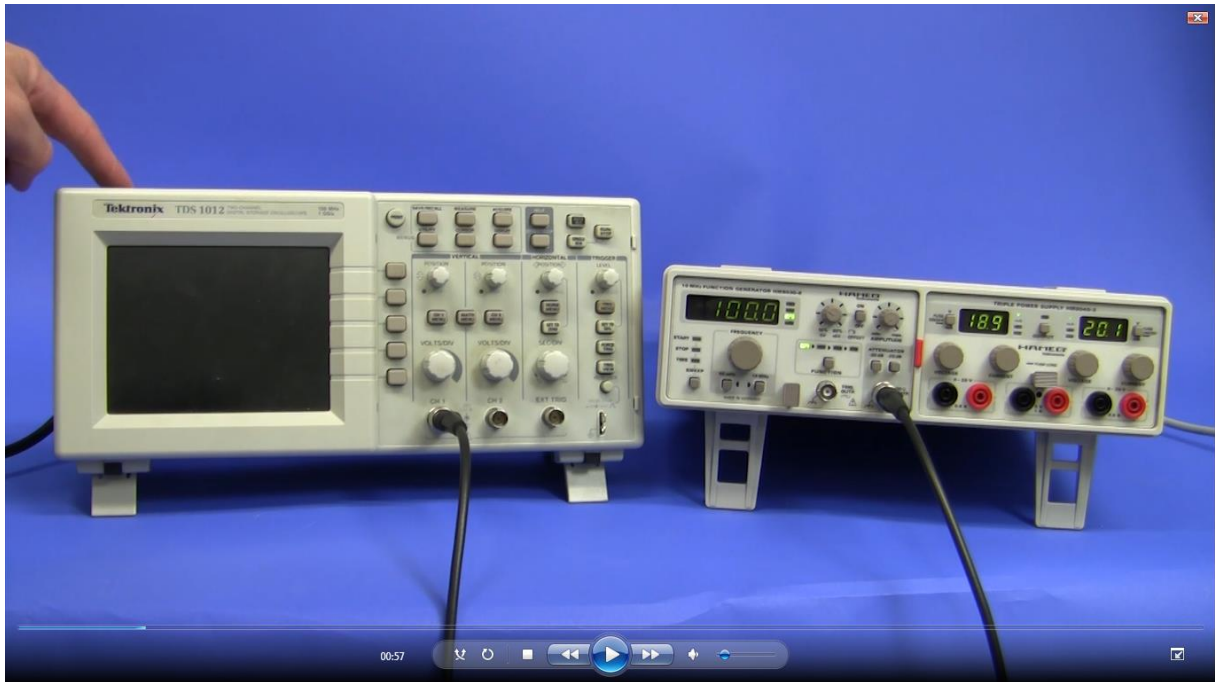


Abbildung 5.6.: Szene 6 Oszilloskop

„Haben Sie die Schaltung überprüfen lassen, können sie die Spannungsquelle¹ und das Oszilloskop² einschalten.“

Hier werden Spannungsquelle und Oszilloskop so gezeigt, wie sie an den Experimentierplätzen vorzufinden wären. Nur in dieser Einstellung wurde die im Anfängerpraktikum häufig verwendete „HAMEG“ Spannungsquelle gezeigt, einzig aus dem Grund, dass Studierende des Öfteren vergessen, diese einzuschalten, bzw. Probleme haben, die Einschaltknöpfe überhaupt zu lokalisieren.

[1]: Die Spannungsquelle wird eingeschaltet

[2]: Das Oszilloskop wird eingeschaltet

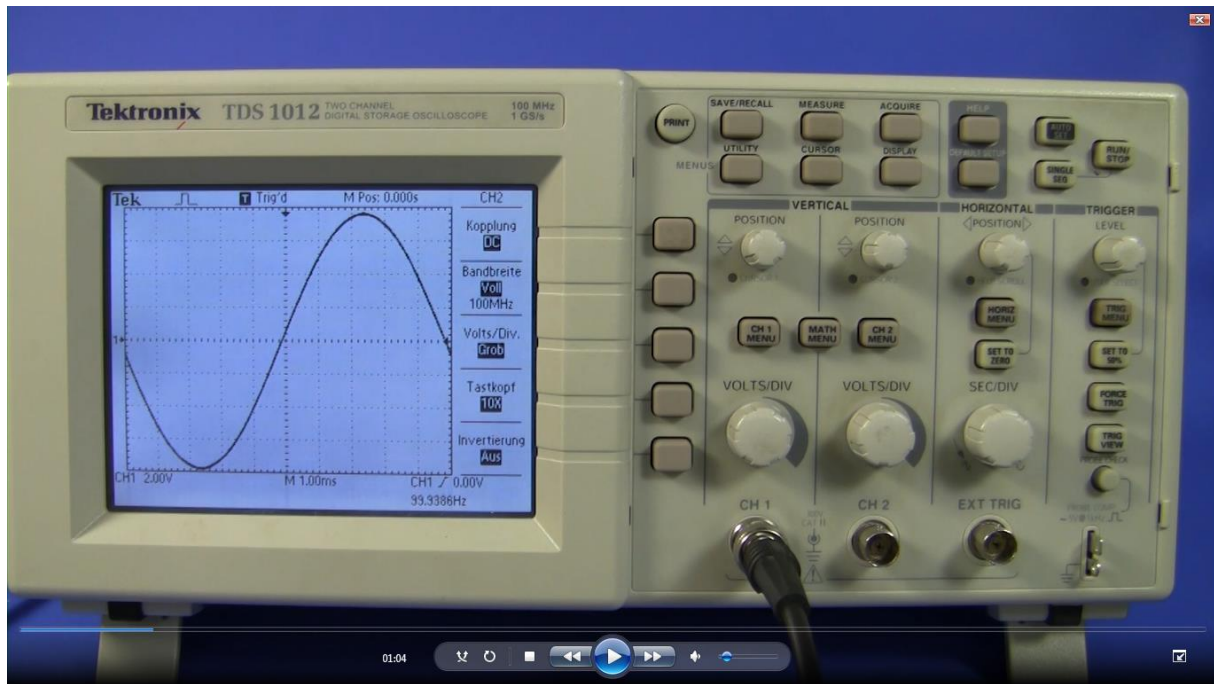


Abbildung 5.7.: Szene 7 Oszilloskop

„Nun wird das Oszilloskop Messungen durchführen und diese als Kurve auf dem Schirm anzeigen.¹ Sie haben jetzt mehrere Einstellungsmöglichkeiten um die Messskalen zu verändern und die Ergebnisse auf verschiedene Weise darzustellen.²“

Hier wird auf die Einstellung gewechselt, in welcher der Rest des Videos gezeigt wird, da alle relevanten Elemente auf dem Oszilloskop zu finden sind. Es wurde bewusst darauf verzichtet, Zoom oder Schnitte mit Perspektivenwechsel einzusetzen, damit jeder Knopf in Relation zum gesamten Gerät sichtbar ist, und um die visuelle kognitive Belastung möglichst gering zu halten. In diesem Bild sind zwar viele Elemente zu sehen, aber der Sprechtext verdeutlicht, dass es in diesem Moment nichts Besonderes zu beobachten gibt. Der Betrachter hat dadurch einige Momente Zeit, die neue visuelle Information zu ordnen, wodurch die danach folgenden Informationen bereits in ein räumliches Schema eingeordnet werden können. Bei den späteren Szenen werden visuelle Indikatoren eingesetzt, um den Blick und die Aufmerksamkeit auf die relevanten Teile des Bildes zu lenken, schon bevor durch eine Handlung ersichtlich ist, auf welchen Bildbereich sich der Sprechtext bezieht. (vgl. Kapitel 3.6. und 3.10.).

[1 & 2]: Einige Sekunden Pause zum Verarbeiten der neuen Einstellung.

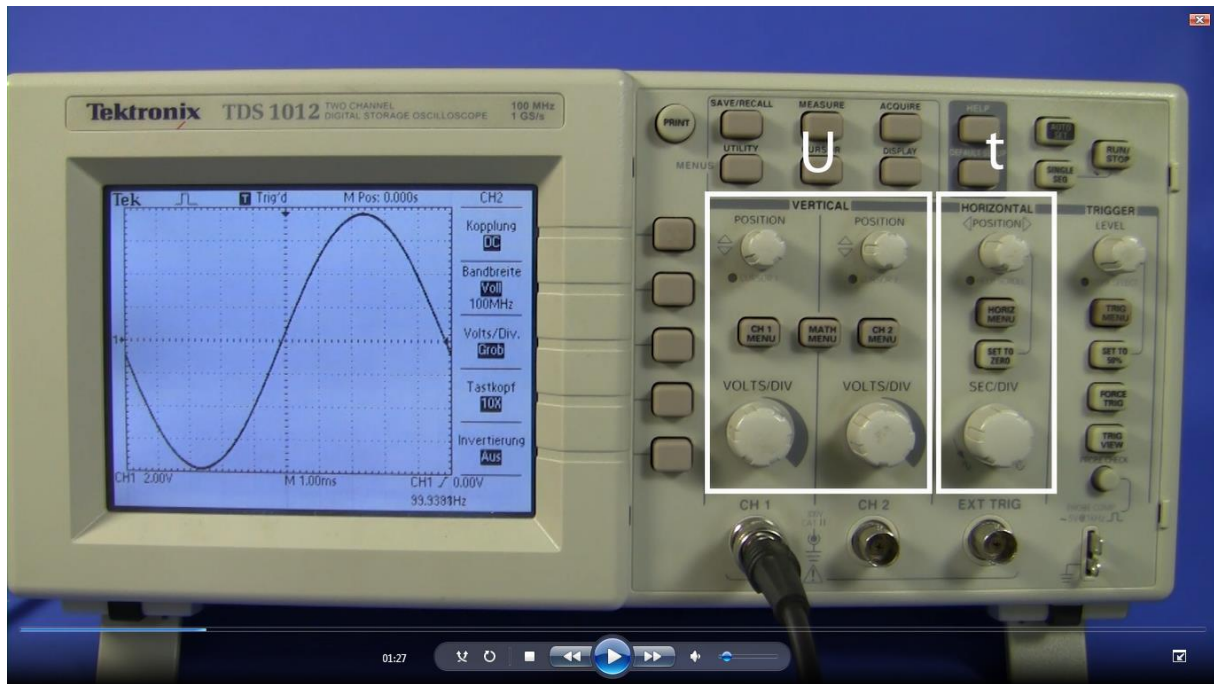


Abbildung 5.8.: Szene 8 Oszilloskop

„In der Grundeinstellung wird Spannung ¹ auf der vertikalen Achse ² gegen Zeit ³ auf der Horizontalen ⁴ Achse aufgetragen. ⁵ Zu beiden Größen gehört rechts ⁶ jeweils ⁷ eine Spalte mit Einstellungsmöglichkeiten“

[1]: Das Formelzeichen für Spannung „U“ wird über dem Schirm des Oszilloskops eingeblendet.

[2]: Neben dem Formelzeichen wird der Mittelstreifen der Spannungsachse am Schirm weiß hervorgehoben

[3]: Spannungssymbol und vertikale Achse verschwinden. Das Formelzeichen für Zeit „t“ erscheint am Schirm über der Zeitachse.

[4]: Der Mittelstreifen der Zeitachse wird weiß hervorgehoben.

[5]: Kurze Pause, dann verschwinden die Hervorhebungen

[6]: Eine Umrahmung um den Einstellungsbereich der Spannungseingänge erscheint, darüber das Spannungssymbol U (siehe Screenshot).

[7]: Eine Umrahmung um den Einstellungsbereich der Zeitskala erscheint, darüber das Zeitsymbol t (siehe Screenshot)

In dieser Szene werden zum ersten Mal die *cues* direkt als Mittel zur Lenkung der Aufmerksamkeit genutzt. Dabei werden Rahmen verwendet, um einen Bereich hervorzuheben und Pfeile um bestimmte Punkte zu markieren. Die Markierungen erscheinen dabei stets leicht vor der relevanten Audioinformation, damit der Blick bereits an der richtigen Stelle ist (vgl. Kapitel 3.10.).

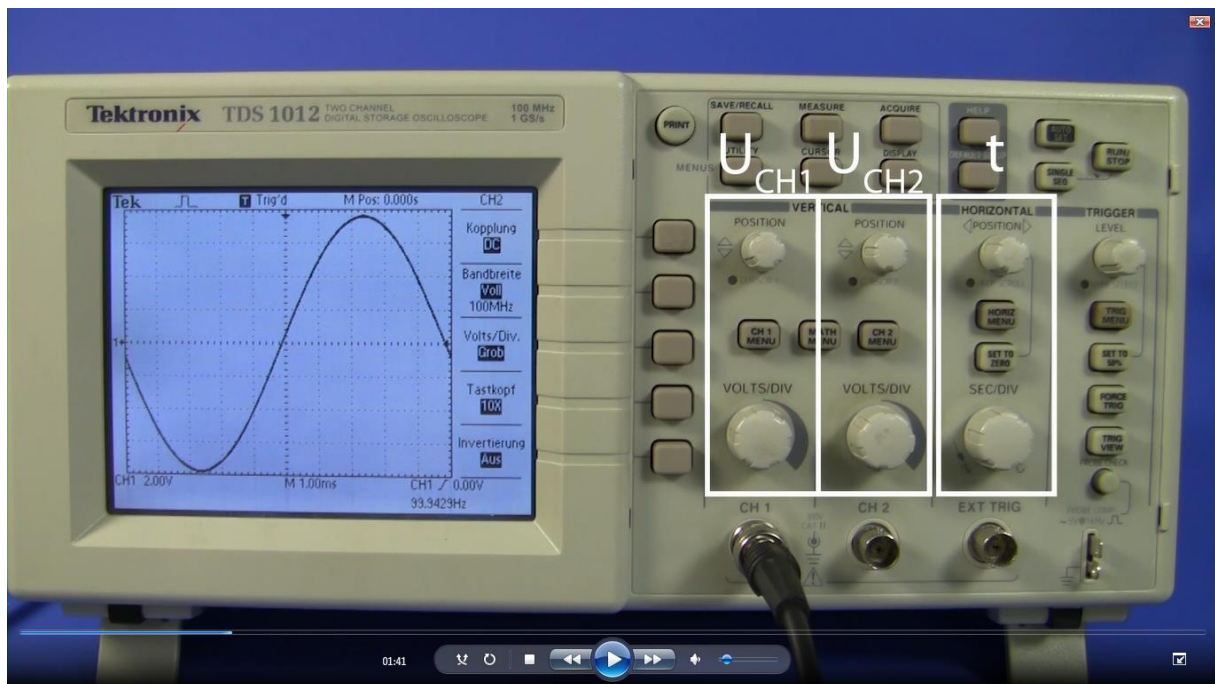


Abbildung 5.9.: Szene 9 Oszilloskop

„Da das Oszilloskop zwei ¹ Spannungssignale gleichzeitig messen kann, gibt es für die zwei Spannungskurven für beide Kanäle separat ² die gleichen Stellrädchen.“

[1]: Kreismarkierungen und zwei Pfeile, die darauf zeigen, erschienen um die beiden Koaxialstecker unten im Bild.

[2]: Das Spannungssymbol U spaltet sich in zwei U -Symbole auf, die nach links und rechts gleiten, bis sie über den entsprechenden Rädchen zum Stehen kommen, wo zusätzlich „CH1“ und „CH2“ eingeblendet wird.

Wie auch in den vorherigen Einstellungen werden hier die *cues* sukzessive eingeblendet und bleiben nur solange sichtbar, wie sie für den Sprechtext relevant sind. Dies ist eine Umsetzung des zeitlichen

split attention effects, da die Item-Interaktivität in den meisten Sequenzen bis zu einem gewissen Maß sukzessive zunimmt (eine gewisse kognitive Anforderung ist Voraussetzung für einen Großteil der positiven Lerneffekte neuer Medien), aber nie Informationen behalten werden müssen, um spätere Sequenzen verstehen zu können.

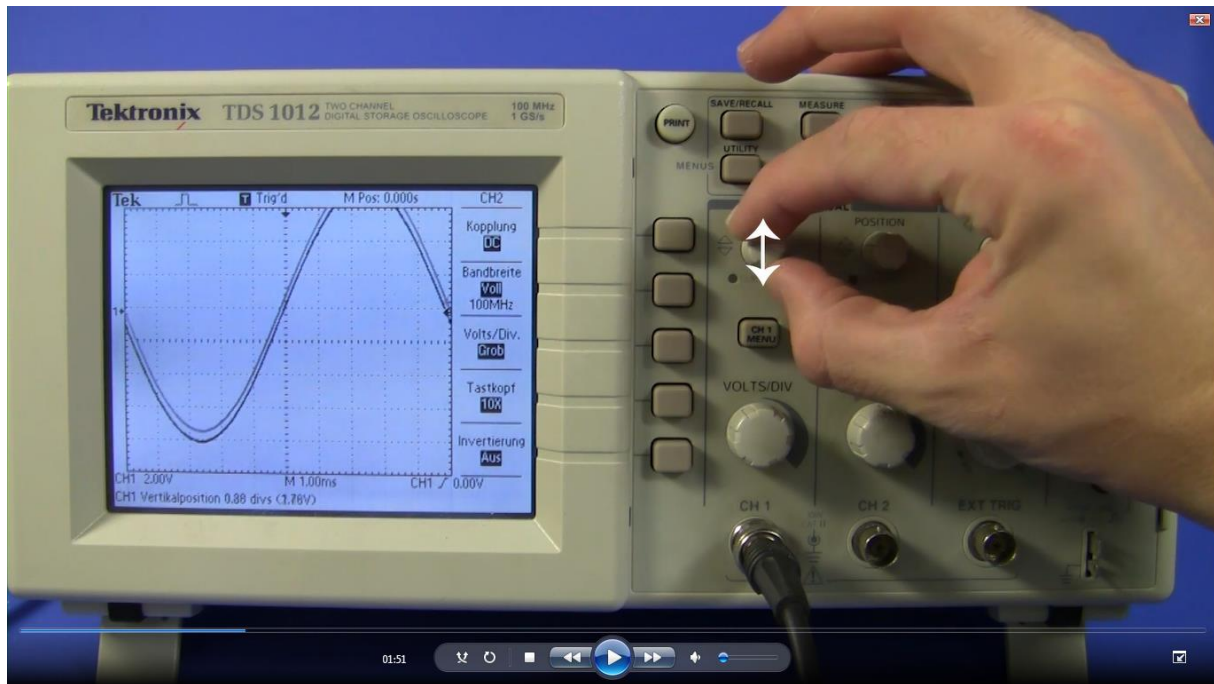


Abbildung 5.10.: Szene 10 Oszilloskop

„Die Messkurve lässt sich in horizontaler ¹ und vertikaler ² Richtung durch die oberen Stellrädchen verschieben.“

[1]: Ein horizontaler Doppelpfeil wird über dem Zeitskalen Stellrad eingeblendet und das Rad wird nach links und rechts gedreht. Am Schirm kann man sehen, wie sich die Kurve bewegt. Währenddessen ist kein Sprechtext zu hören.

[2]: Ein vertikaler Doppelpfeil (siehe oben) wird über dem Spannungssignal-Stellrad eingeblendet und es wird ebenfalls gedreht.

In dieser Einstellung passiert erstmals gleichzeitig etwas in beiden Bildschirmhälften. Da die Betrachter zu diesem Zeitpunkt noch nicht darauf eingestellt sind, wird die zusätzliche visuelle Information möglichst reduziert.

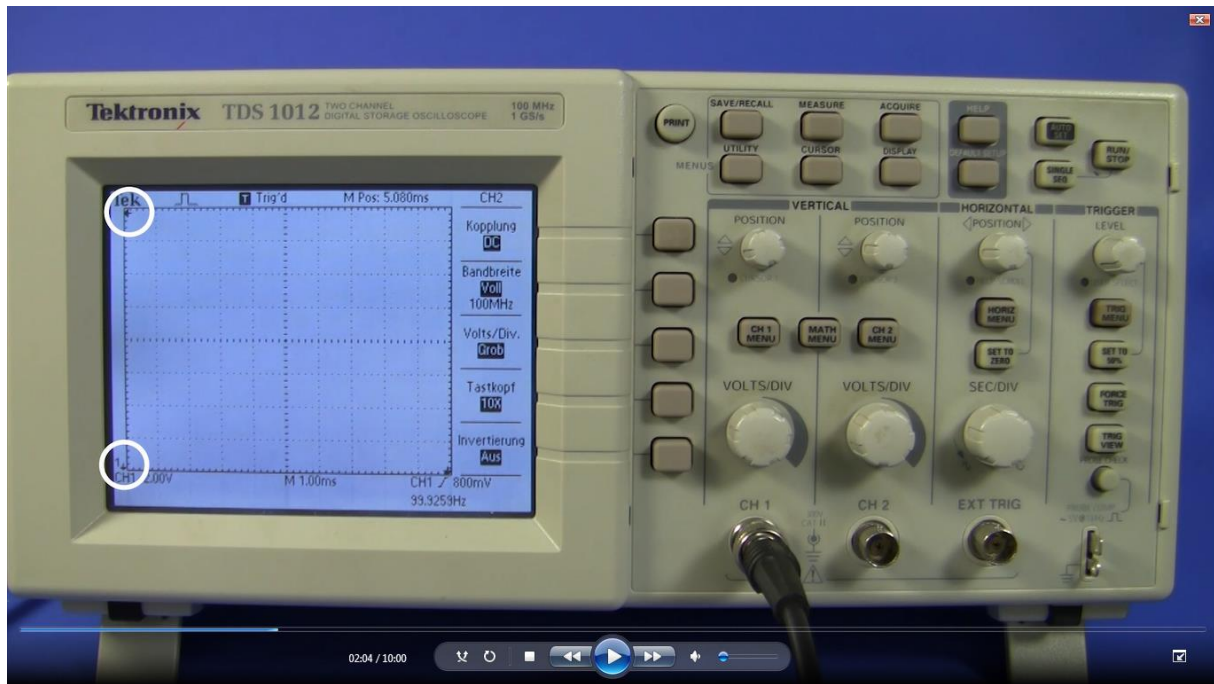


Abbildung 5.11.: Szene 11 Oszilloskop

„Dabei wird immer ein Pfeil ¹ zu sehen sein, welcher die Nullstellung anzeigt. ² Befindet sich die Messkurve außerhalb des Bildschirms, sind die Pfeile ³ am jeweiligen Rand zu finden. ⁴“

[1]: Es werden Kreismarkierungen, mit darauf zeigenden Pfeilen, über den Nullstellenindikatoren eingeblendet: Der Blick wird von rechts nach links gelenkt. Dies erfolgt noch bei dem in Abbildung 5.9. gezeigten Schirm, also mit einer zentrierten Messkurve.

[2]: Jump-cut: Die Kurve ist am Bildschirm nicht mehr zu sehen.

[3]: Kreismarkierungen erscheinen über den Nullstellenindikatoren am Bildschirmrand (siehe oben).

[4]: Die in Szene 10 erklärten Stellrädchen werden verwendet, um die Kurve wieder am Schirm zu zentrieren.

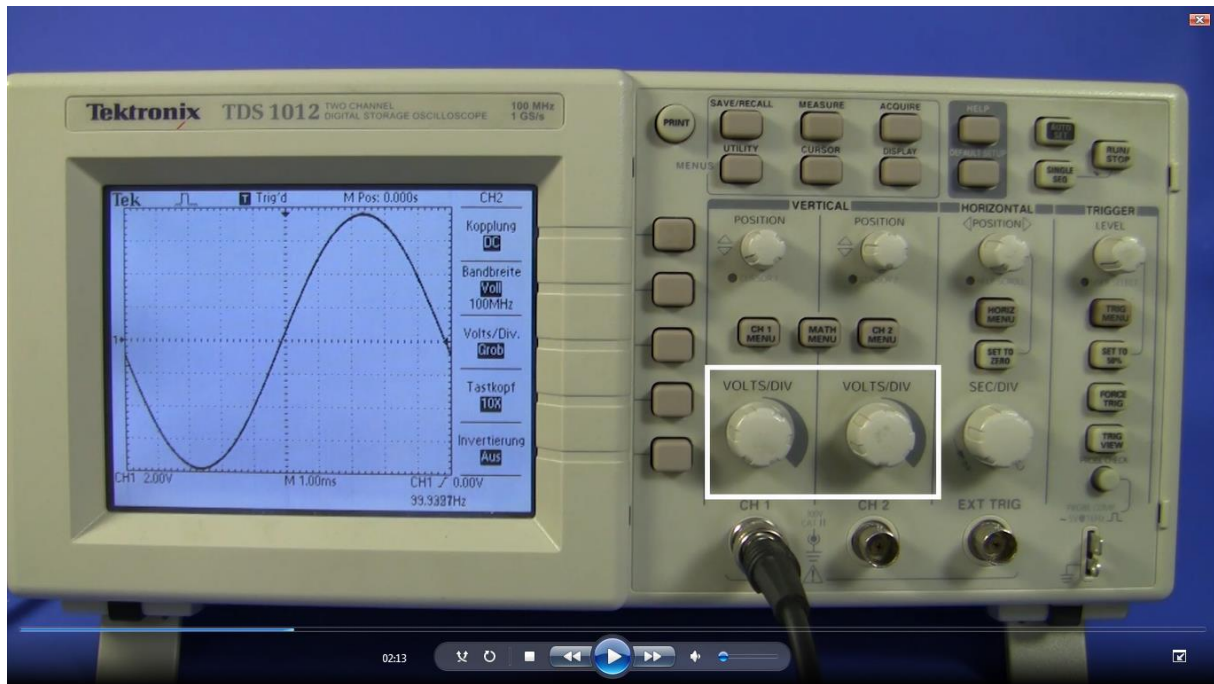


Abbildung 5.12.: Szene 12 Oszilloskop

„Die unteren Stellrädchen Volt ¹ pro Division und Sekunden ² pro Division verändern die Skalierungsbasis der zugehörigen Größe auf der Anzeige. ³ Die Bezeichnung „pro Division“ bedeutet, dass ein Skalenanteil des Rasters am Schirm der momentan eingestellten Skalierungsbasis entspricht.“

[1 & 2]: Die weiße Markierung über den entsprechenden Stellrädchen wird eingeblendet.

[3]: Die Stellrädchen werden verwendet, um zu zeigen, wie sich die Kurve am Schirm verändert.

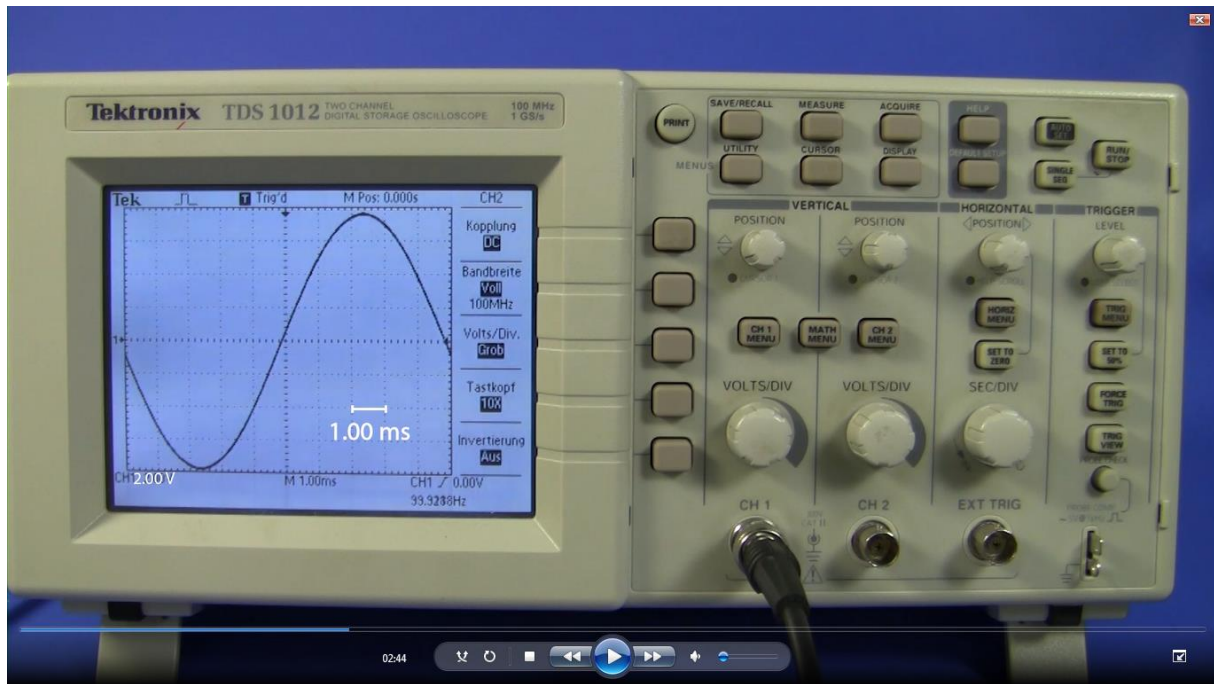


Abbildung 5.13.: Szene 13 Oszilloskop

„Diese wird immer am unteren ¹ Bildschirmrand angezeigt. Die angezeigte ² Zahl entspricht also immer der Breite ³ eines Kästchens für die Zeit, ⁴ beziehungsweise ⁵ der Höhe ⁶ für die ⁷ Spannung. ⁸ Hier wäre ein Kästchen also zwei Volt hoch und eine Millisekunde breit. Es gibt viele weitere Möglichkeiten, das Signal zu manipulieren, hier werden wir nur auf die wichtigsten eingehen.“

[1]: Markierungen werden um die Skalierungsbasis unten eingeblendet.

[2]: Die Markierungen werden durch eine Hervorhebung der Anzeigewerte in weiß ersetzt.

[3]: Eine Kästchenbreite wird am Bildschirm weiß hervorgehoben (siehe oben).

[4]: Die Zeitskalierungsbasis bewegt sich zur hervorgehobenen Skaleneinheit.

[5]: Die Zeit-Hervorhebungen verschwinden.

[6]: Eine Kästchenhöhe wird am Schirm weiß hervorgehoben.

[7]: Die Spannungsskalierungsbasis bewegt sich zur hervorgehobenen Skaleneinheit.

[8]: Kurze Pause, die Hervorhebungen verschwinden. Der folgende Teil ist eine rein narrative Überleitung und beinhaltet daher keine optischen Elemente.

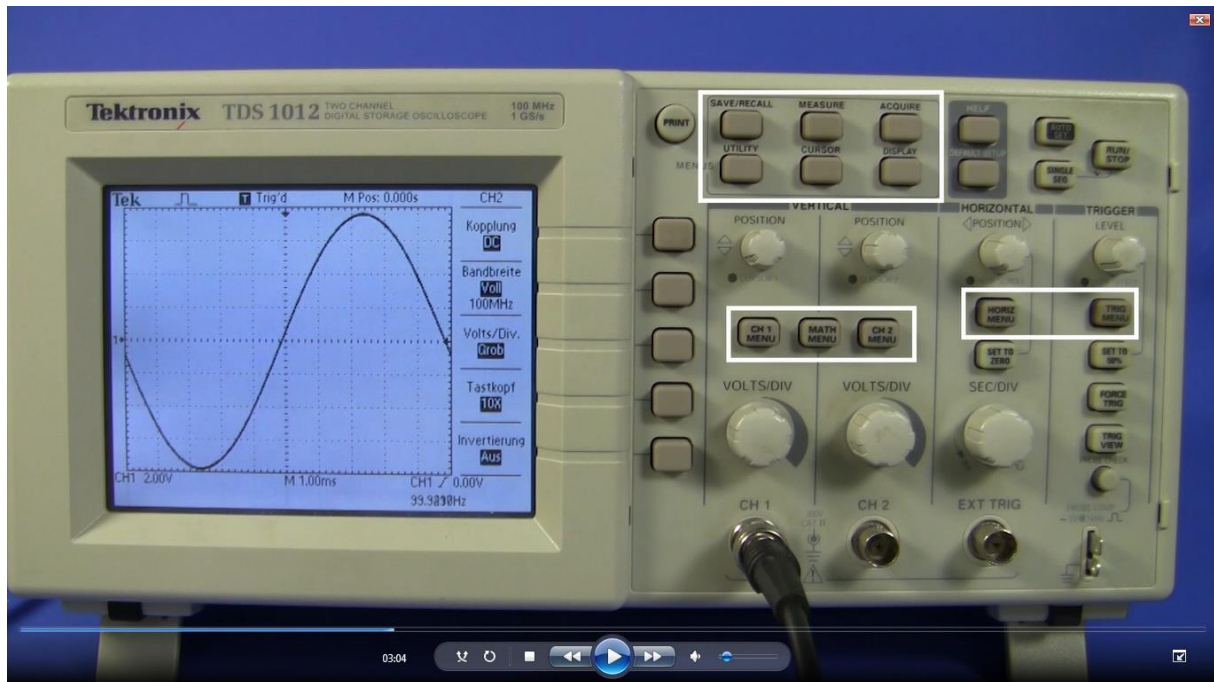


Abbildung 5.14.: Szene 14 Oszilloskop

„Allgemein gilt, dass die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten in Menüs ¹ zusammengefasst sind. Wählen Sie durch Knopfdruck eines dieser Menüs aus, ² so werden die Menüoptionen ³ rechts am Bildschirm angezeigt.“

[1]: Markierungen um die für die Praxiseinheiten relevanten Menügruppen werden eingeblendet.

[2]: Die Markierungen verschwinden, und es werden per Knopfdruck einige der Menüs ausgewählt.

[3]: Rechts am Bildschirm erscheint eine Markierung mit einem darauf zeigenden großen Pfeil um die Menüoptionen.

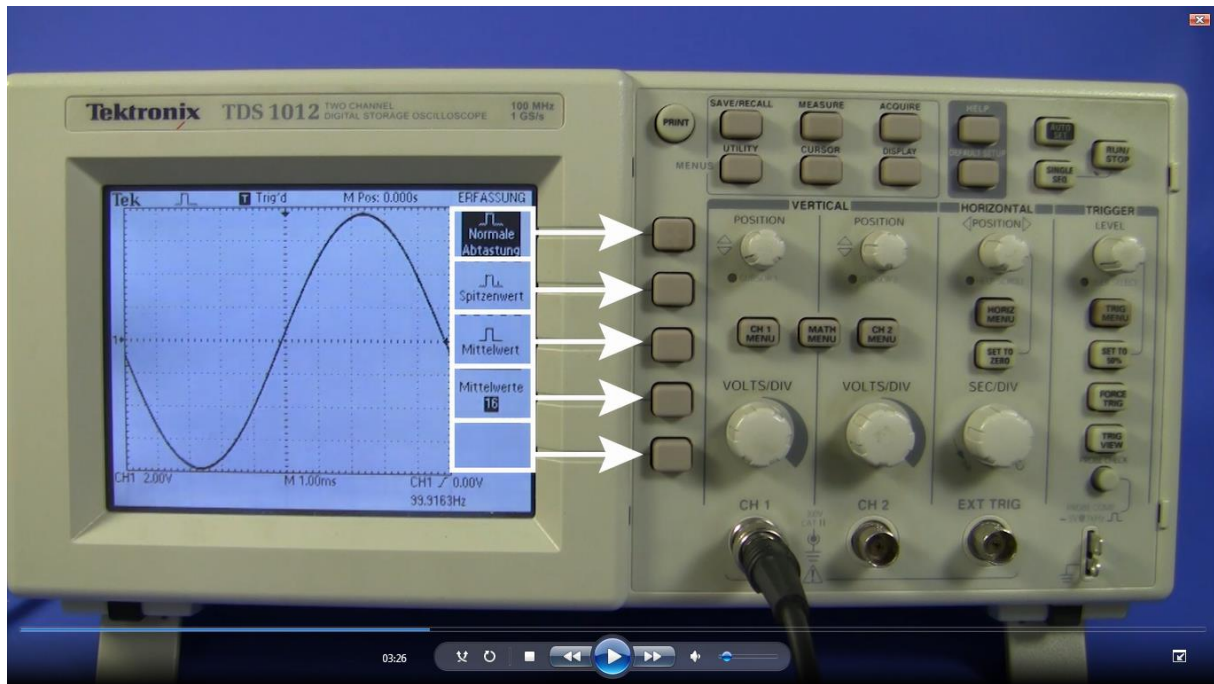


Abbildung 5.15.: Szene 15 Oszilloskop

„Das momentan ausgewählte Menü wird oben ¹ angezeigt und die Menüpunkte ² zeigen die Namen und derzeitigen Einstellungen der Menüoptionen an. Die jeweilige Einstellung lässt sich hier³ durch Tastendruck ändern.“

[1]: Der Menüname rechts wird hervorgehoben.

[2]: Die Menüpunkte werden hervorgehoben.

[3]: Von den Menüpunkten ausgehend, erscheinen Pfeile, die sich zu den entsprechenden Knöpfen rechts bewegen (siehe oben).

Zusammenfassung:

An dieser Stelle endet die Beschreibung dieses Videos einerseits wegen des Umfangs (Zeitmarke der Abbildung 5.15. im Video ist bei ca. 3:30 von 10 Minuten) und andererseits weil die bei den ersten Szenen beschriebenen Anwendungsformen der Designprinzipien sich für das restliche Video im Wesentlichen nicht ändern. Hier sollte nur eines der Videos exemplarisch dargestellt werden. Die anderen Videos unterschieden sich zwar in der Umsetzung der Designprinzipien und, je nach der Anforderung an das Produktionsformat, auch durch die Inhalte (beispielsweise durch Verblässen statt Hervorheben oder eine Zusammenfassung nach langen Passagen). Im Allgemeinen gilt aber für

alle Videos, dass die (u.a. wegen deren Effektstärke) wichtigsten Aspekte des Modalitätsprinzips und des Split-attention-Prinzips gegenüber einer textbasierten Beschreibung allein schon durch das audiovisuelle Format gegeben sind. Darüber hinaus wurden die einzelnen Segmente der Videos so gestaltet, dass versucht wurde, eine für die Zielgruppe adäquate kognitive Belastung durch die Inhalte zu erzeugen. Die nicht erwünschten kognitiven Belastungen - wie Such- und Zuordnungsaufgaben und redundante Informationen visueller und auditiver Natur - wurden hingegen vermieden. Alle Videos sind zudem sequenziert, sodass Informationen immer nur für eine bestimmte Zeit behalten werden müssen - und nicht für die gesamte Betrachtungsdauer. Am Ende jedes Videos befindet sich daher auch ein Menü, das es den Studierenden ermöglicht, die einzelnen Segmente des Videos nochmals gezielt aufzurufen. Dort, wo ein längerer zusammenhängender Prozess erklärt wird, wurde dieser auch im Video selbst stets noch einmal in kompakter Form zusammengefasst und wiederholt.

Ein genaueres Bild der Videos kann man sich mit den Storyboards im Anhang D sowie durch deren Betrachtung über die Website des Anfängerpraktikums machen:

Oszilloskop: <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw11.php>

P-N-Übergang: <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw9.php>

Prismenspektrometer: <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw7.php>

Grundlagen der Elektrodynamik: <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw10.php>

5.3. Ergebnisse der quantitativen Evaluation

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der statistischen Untersuchungen beschrieben, die zur Auswertung der quantitativen Evaluationsfragebögen verwendet wurden.

5.3.1. Vergleichbarkeit der Gruppen

Mit Ausnahme des Videos zum P-N-Übergang, das nur den Lehramtsstudierenden gezeigt wurde, wurde bei allen Videos im Wesentlichen die gleiche Grundgesamtheit untersucht. Daher wird im Hinblick auf die demographischen Eigenschaften kein Unterschied erwartet. Die Auswertung wurde der Vollständigkeit halber dennoch durchgeführt - um sicher zu gehen, dass die Voraussetzungen für parametrische Tests und deskriptive Analysen erfüllt sind. Hierzu wurden T-Tests unabhängiger Stichproben durchgeführt um die Mittelwerte der Gruppen bei Alter und Semesterzahl zu vergleichen. Diese Größen wurden außerdem auf ihre Normalverteilung sowie Schiefe und Kurtosis untersucht und verglichen. Da diese Auswertungen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen ergaben, werden hier nur die Mittelwerte und die Standardfehler der Mittelwerte angegeben. Diese sind in Tabelle 5.1. ersichtlich.

ALTER in Jahren

	Kontrollgruppe	Testgruppe
Oszilloskop	22.66 $\pm$ 0.64	21.50 $\pm$ 0.32
Elektrodynamik	21.60 $\pm$ 0.37	21.50 $\pm$ 0.34
Prismenspektrometer	21.84 $\pm$ 0.50	22.23 $\pm$ 0.51
PN-Übergang	21.54 $\pm$ 0.57	23.3 $\pm$ 1.1

STUDIENSEMESTER

	Kontrollgruppe	Testgruppe
Oszilloskop	3.37 $\pm$ 0.10	3.31 $\pm$ 0.11
Elektrodynamik	3.29 $\pm$ 0.09	3.32 $\pm$ 0.09
Prismenspektrometer	3.26 $\pm$ 0.10	3.33 $\pm$ 0.09
PN-Übergang	3.46 $\pm$ 0.26	3.23 $\pm$ 0.10

Tabelle 5.1.: Mittelwerte der Grundeigenschaften der Gruppen

Die Fragen zu Geschlecht und individueller Vorbereitung auf das Praktikum sind nicht intervallskaliert. Daher wurde für diese Items eine Visualisierung der Häufigkeitsverteilung erstellt. Die Legende beschreibt, welche der Antwortmöglichkeiten gemäß der oben beschriebenen

Kodierung gewählt wurde. Die Abbildungen 5.16. bis 5.19. zeigen die Häufigkeitsverteilungen in Prozent für jedes der Videos. Darin sind jeweils die Häufigkeiten der Kontrollgruppe (K) und der Testgruppe (T) für jedes Item direkt untereinander aufgetragen. Dort, wo nicht hundert Prozent erreicht wurden, fehlen vereinzelte Angaben. Für die Vorbereitungsitems ist anzumerken, dass eine intensivere Vorbereitung den rechten Antwortmöglichkeiten entspricht (violett und grün), und eine geringere den linken (blau und rot), siehe dafür auch Anhang C. In diesem Sinne ist eine auffällige Andersverteilung der Häufigkeiten bei diesen Fragen nur dann schädlich für die Bewertung der Erfolge, wenn die Testgruppe sich wesentlich besser vorbereitet hat als die Kontrollgruppe. Dies deshalb, weil es bedeuten könnte, dass die gemessenen positive Effekte durch die bessere Vorbereitung verursacht wurden, und nicht durch die Betrachtung der Videos. Im umgekehrten Fall wird am ehesten von einer Abschwächung möglicher positiver Effekte der Videos ausgegangen. Die Anzahl der Probanden waren dabei:

Oszilloskop (N=155): Kontrollgruppe N=77 ; Testgruppe N=78

Elektrodynamik (N=147): Kontrollgruppe N=75 ; Testgruppe N= 72

Prismenspektrometer (N=158): Kontrollgruppe N=68 ; Testgruppe N=90

P-N-Übergang (N=52): Kontrollgruppe N=26 ; Testgruppe N=26

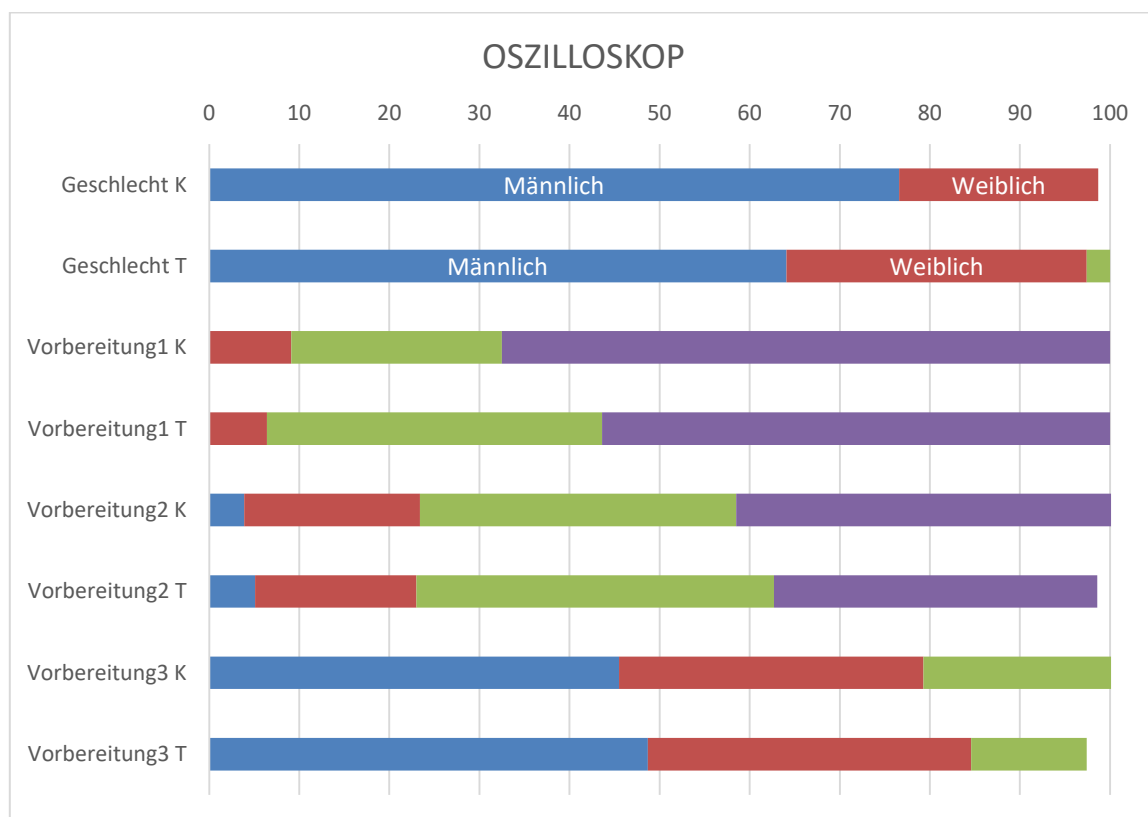


Abbildung 5.16.: Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Oszilloskop (Kodierung Vorbereitung 1-3 siehe oben: rechte Balken (grün, violett) entsprechen besserer-, linke Balken (blau, rot) entsprechen schlechterer Vorbereitung)

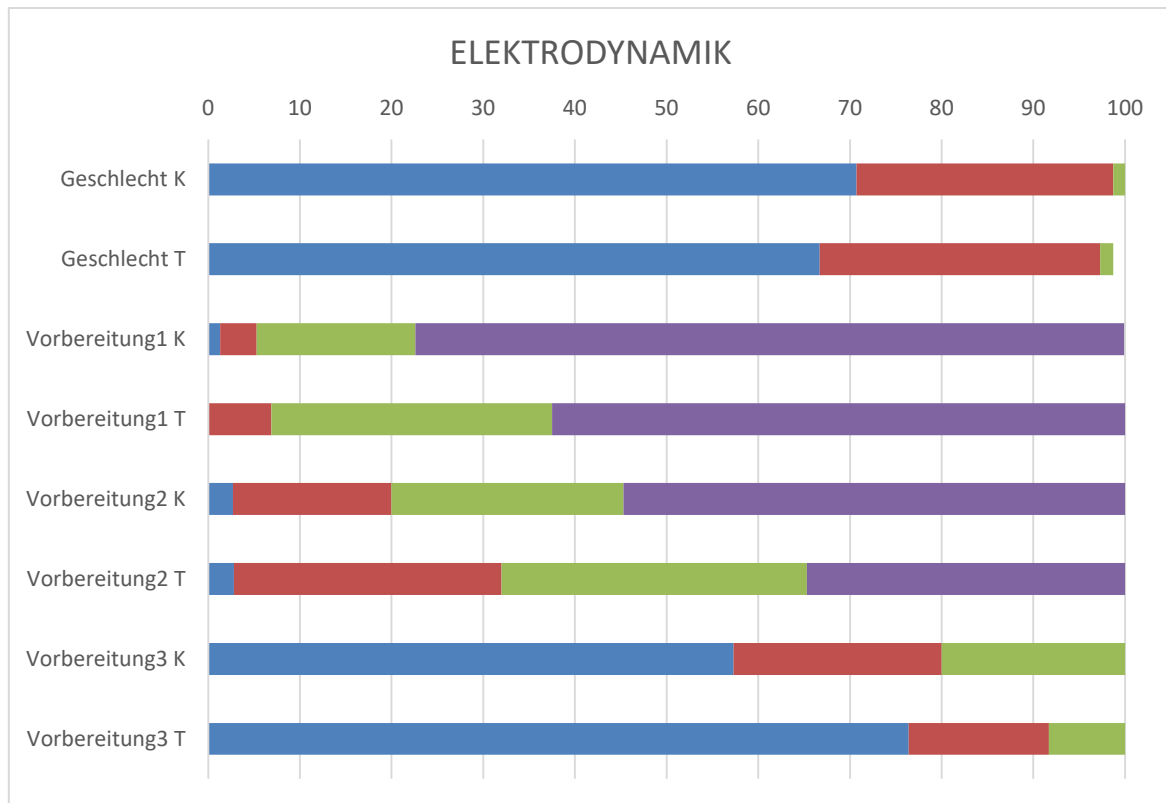


Abbildung 5.17.: Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Elektrodynamik

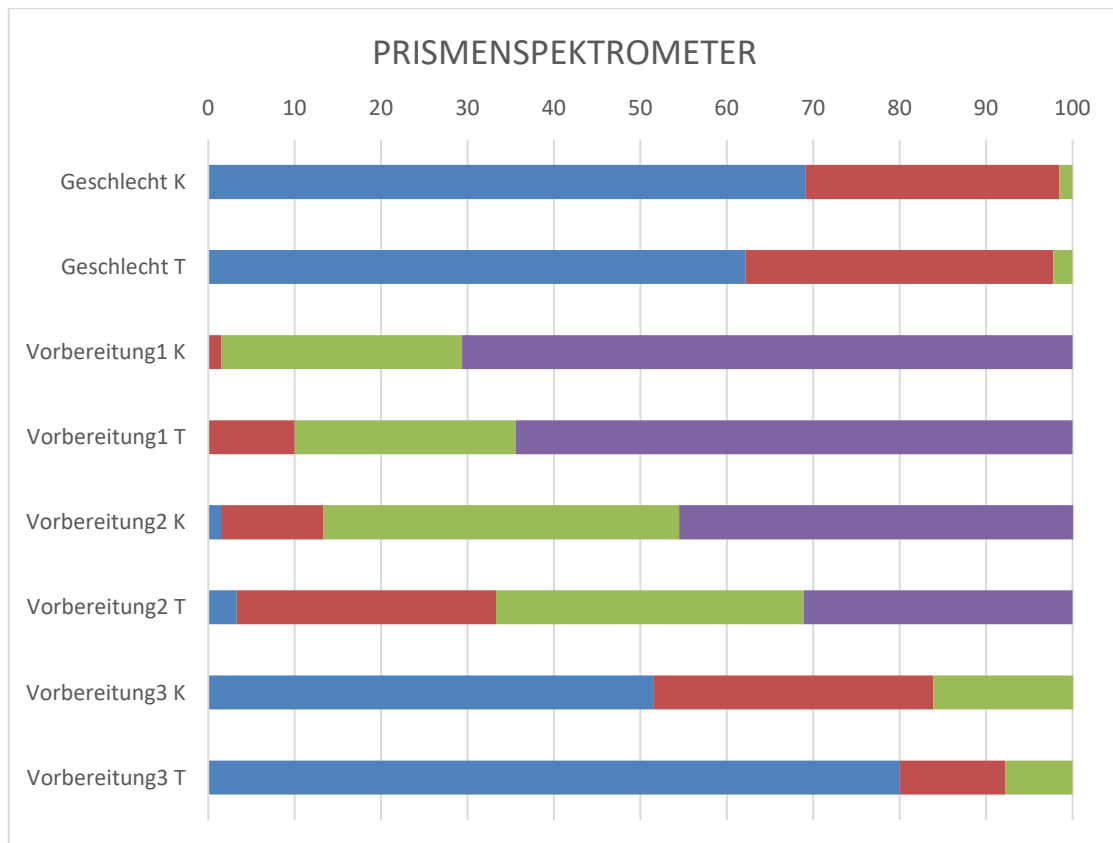


Abbildung 5.18.: Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Prismenspektrometer

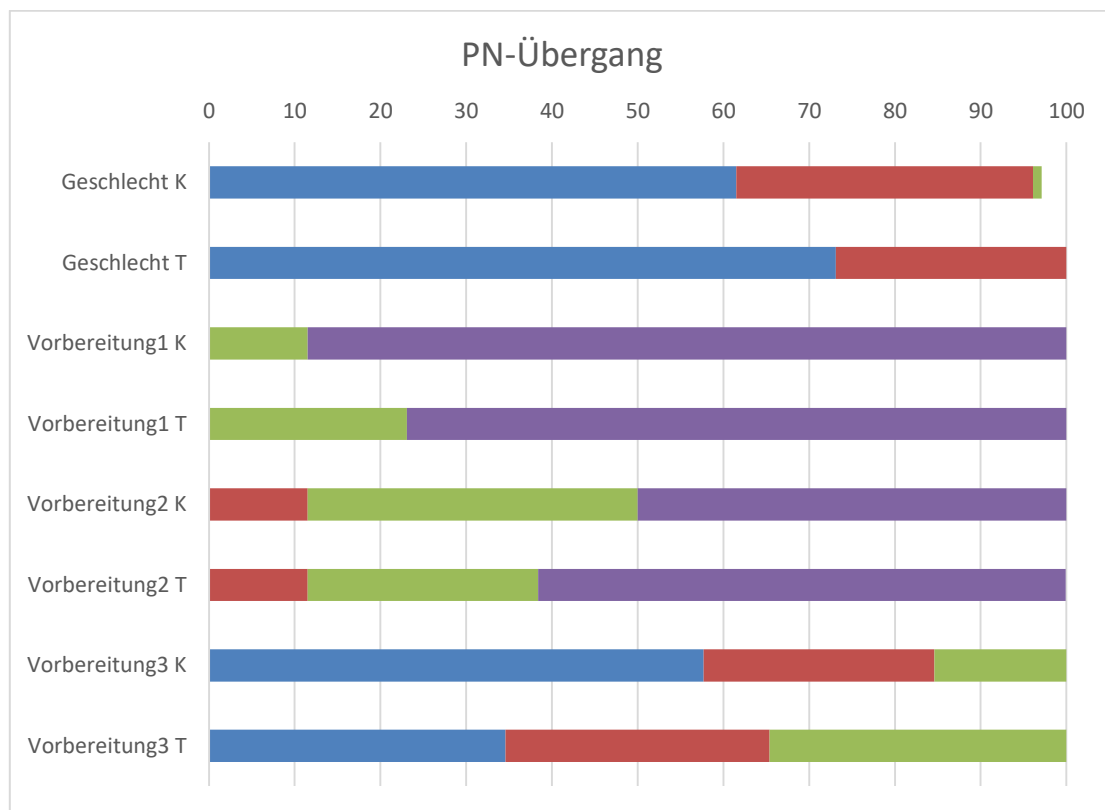


Abbildung 5.19.: Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems PN-Übergang

Wie aus der Tabelle 5.1. und den Abbildungen 5.16. bis 5.19. ersichtlich ist, sind die beiden Gruppen von den demographischen Eigenschaften her in allen Fällen sehr ähnlich. Die einzige Auffälligkeit ist, dass in allen Gruppen deutlich mehr männliche Teilnehmer zu finden sind als weibliche. Was die Abfrage der Vorbereitung angeht, haben die Studierenden in den Testgruppen, mit Ausnahme vom Thema PN-Übergang, in allen Fällen seltener angegeben sich „so gut wie möglich“ vorbereitet zu haben und den Anleitungstext „vollständig und aufmerksam“ gelesen zu haben. Dieser Trend gilt ebenso für die Verwendung ergänzender Materialien, wobei hier auch in Bezug auf die tatsächliche Verwendung der Materialien der E-learning-Umgebung interessant ist, dass bei drei der acht Gruppen mehr als die Hälfte der Studierenden gar keine ergänzenden Materialien verwendet haben und bei den anderen etwa 40%. Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich die Hypothese aufstellen, dass eine Leistungssteigerung bei der Gruppe „PN-Übergang“ zum Teil der besseren Vorbereitung der Studierenden anzurechnen sein könnte. Bei den anderen Gruppen lässt sich zumindest ausschließen, dass etwaige positive Effekte der besseren Vorbereitung zu verdanken waren.

5.3.2. Erfolgskriterium Erfolg der Studierenden

Um den Erfolg zu messen, wurden zwei Skalen mit drei bis fünf Items gebildet. Eine davon fragte die Einschätzung der eigenen Leistung der Studierenden nach der Praktikumseinheit ab. Die andere enthielt im Wesentlichen dieselben Fragen, war aber an die Betreuungsperson über die Studierenden gestellt (siehe Anhang A-C). Außerdem wurden die Betreuungspersonen gebeten, den Studierenden eine „hypothetische“ Schulnote zu geben – unter der Annahme, dass nur Inhalte bearbeitet worden wären, welche durch das Video behandelt wurden. Weiters wurden die Punkte für Vorbereitung und Durchführung der gesamten Praktikumseinheit dokumentiert und verglichen. Ziel dieses Teils der Auswertung ist es also, mittels T-Test unabhängiger Stichproben festzustellen, ob bei den gut operationalisierten Eigenschaften (Schulnote, Punkte) und den Frage-Items auf Skalenniveau ein signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Testgruppe besteht.

Um den T-Test auf die Skalen anwenden zu können, muss zunächst die Reliabilität der Skalen überprüft werden, um gegebenenfalls versteckte Antwortmuster herauszufinden und diese zu berücksichtigen. Dafür wurde ein Cronbach- α Test auf innere Skalenkonsistenz für beide Gruppen durchgeführt, erst getrennt für die Skalen der Betreuenden und der Studierenden, und dann gemeinsam. Der Cronbach- α Test ergibt für Skalen einen Wert zwischen 0 und 1. Darüber hinaus gibt SPSS an, wie sich der Wert verändert, wenn einzelne Items bei der Auswertung entfernt werden. Häder (2015) schreibt über die Skalenkonsistenz:

„Diese Qualität wird über Cronbachs α angegeben. Der Wert ist ein Ausdruck für die Reliabilität der Skala. Einer Faustregel zufolge soll Cronbachs α mindestens 0,8 betragen. ... Der Wert ist umso höher, je stärker die einzelnen Items miteinander korrelieren.“ (Häder, 2015, 99)

Wenn die Items stark miteinander korrelieren, bedeutet das, dass sie eine gemeinsame Eigenschaft überprüfen beziehungsweise, dass der Test mit diesen Items wiederholbare Ergebnisse liefern kann. Viele Items, die eine Eigenschaft abfragen, können verschiedene Facetten erfassen und so die Auflösung des Tests verbessern.

Als Benchmark für die Skalen gilt also im Idealfall ein α -Wert von über 0,8. Konnte dieser Wert nur durch Weglassen einzelner Items erreicht werden, so wurde dies bei den weiteren Auswertungen getan.

Bei dem Oszilloskop -Fragebogen ergab sich nach Weglassen des ersten Items bei der Kontrollgruppe ein Alpha-Wert von 0,78, bei der Testgruppe sogar 0,92. Interessanterweise waren die Werte bei den Betreuenden-Items schlechter, mit 0,71 bei der Kontrollgruppe und 0,68 bei der Testgruppe, beides ebenfalls nach Entfernen des ersten Items. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass bei diesem Beispiel besonders viele verschiedene Betreuungspersonen befragt wurden, und jede eine andere

Gewichtung der Studierendenleistung und Interpretation der Antwort-Werte hat. Dass das erste Item, welches den Schaltungsbau betrifft, nicht in die Skalen passt, bestätigt die in Kapitel 4 beschriebene Erwartung, dass der Schaltungsbau in dem Video nicht ausreichend behandelt wurde, um ihn in die Bewertung des Erfolges miteinzubeziehen. Daher wurde bei der Frage nach Schulnoten dieser Bereich auch ausgeschlossen (siehe Anhang A). Die Summenskala mit Studierenden- und Betreuenden-Items 2-4 ergab einen α -Wert von 0,79 für die Kontrollgruppe und 0,82 bei der Testgruppe – was dafür spräche, diese beiden Skalen zu einem aussagekräftigen Skalenwert einer Acht-Item-Skala zusammenzufassen.

Um diese Annahme weiter abzusichern, wurde eine Faktor-Analyse der Skalen mit einer Varimax-Rotationsmatrix durchgeführt. Wenn die Ergebnisse auch bei der rotierten Matrix zeigen, dass alle Items stark auf denselben einzelnen Faktor laden, sind die Voraussetzungen für die Bildung eines Skalenwerts hinlänglich erfüllt. Die Voraussetzung für eine Faktorenanalyse ist ein KMO-Wert von mindestens 0,6.

Der KMO der gesamt Skala liegt bei 0,79 mit einer Barlett-Signifikanz von 0 und weist damit eine sehr gute Eignung für die Faktorenanalyse auf.

Die Faktor-Analyse ergab in der Hauptkomponentenmatrix zwei Hauptfaktoren – wobei die Items, welche auf den einen stärker laden, eine negative Ladung auf den zweiten Hauptfaktor aufweisen. Dies ist in der Tabelle 5.2. dokumentiert. Die rotierte Komponentenmatrix zeigt eindeutig die durch die Hauptkomponentenmatrix vermutete Aufspaltung in zwei getrennte Skalen für die Betreuenden- und die Studierenden-Items. (siehe Tabelle 5.3.)

Komponentenmatrix ^a		
	Komponente	
	1	2
Erfolg:Inbetriebnehmen	,707	-,391
Erfolg:PosAuflAnpassen	,793	-,399
Erfolg:XY-Darstellung	,722	-,402
Erfolg:Messwerte ablesen	,781	-,325
Betreuer:Inbetriebnehmen	,704	,372
Betreuer:PosAuflAnpassen	,486	,516
Betreuer:XY-Darstellung	,541	,517
Betreuer:Messwerte ablesen	,602	,571

Tabelle 5.2.: Komponentenmatrix der Erfolgsitems

Rotierte Komponentenmatrix ^a		
	Komponente	
	1	2
Erfolg:Inbetriebnehmen	,799	,120
Erfolg:PosAuflAnpassen	,872	,167
Erfolg:XY-Darstellung	,817	,122
Erfolg:Messwerte ablesen	,817	,218
Betreuer:Inbetriebnehmen	,332	,724
Betreuer:PosAuflAnpassen	,071	,705
Betreuer:XY-Darstellung	,114	,739
Betreuer:Messwerte ablesen	,130	,820

Tabelle 5.3.: Rotierte Komponentenmatrix der Erfolgsitems

In gleicher Weise wurde für die Auswertung der anderen drei Videos vorgegangen. Fallweise wurde auch zur weiteren Überprüfung der Ergebnisse die Faktorenanalyse für mehrere Skalen zusammen

durchgeführt. Die rotierte Komponentenmatrix über drei Skalen des PN-Fragebogens erzeugt die Ergebnisse welche in Tabelle 5.4. gezeigt sind.

Rotierte Komponentenmatrix^a

	Komponente		
	1	2	3
Vorbereitung1	-,158	-,161	,864
Vorbereitung2	,061	,049	,940
ist sinnvoll	-,085	,925	-,100
ist hilfreich	,469	,753	,062
besser als Text	,499	,456	-,128
Erfolg:Dotierung	,927	,003	-,027
Erfolg:Diffusion	,735	,343	-,223
Erfolg:AufbauDiode	,847	,097	-,098
Erfolg:Sperrschicht	,863	,249	-,006
Erfolg:FunktionDiode	,938	,016	,110

Tabelle 5.4.: Rotierte Komponentenmatrix verschiedener Skalen

Wie man hier sehen kann, wurden ziemlich genau die drei untersuchten Skalen extrahiert. Einzig das Item „besser als Text“ lässt sich hier nicht eindeutig zuordnen. Der vermutliche Grund dafür wird im Kapitel 5.3.4. erläutert.

Für das Video zu Elektrodynamik und Schaltungsbau ergab sich in gleicher Weise eine hohe Reliabilität und Faktorenladung, allerdings ohne die Notwendigkeit des Ausschlusses eines der Items. Allerdings deutete die Faktorenanalyse hier eine leichte Aufspaltung der Skala „Selbsteinschätzung“ in die Bereiche „Schaltungsbau“ und „Theoriewissen zu Strom und Spannung“ an. Diese Aufspaltung war bei den Bewertungen der Betreuenden weniger deutlich zu beobachten. Aus diesem Grund, und weil diese beiden Unterbereiche bei der Benotung der Betreuenden ohnehin getrennt erfasst wurden (siehe Abbildung 5.22.), wurden diese Items trotzdem als eine Skala ausgewertet.

Bei dem Video zum Prismenspektroskop ergaben sich zum Teil starke Unterschiede in der Faktorenanalyse der einzelnen Untergruppen. So bildete zum Beispiel das Item 3 der Betreuerfragen nur bei der Testgruppe deutlich einen eigenen Faktor gegenüber den anderen beiden.

Die Skala für das Prismenspektroskop wurde dennoch als Gesamtskala ausgewertet, da eine Skala mit weniger als drei Items nicht tragfähig wäre. Die Auswertung wurde auch auf Item-Ebene durchgeführt, diese Ergebnisse wurden aber hier nicht dargestellt weil auch hier keine signifikante Veränderung feststellbar war.

Nach dieser eingängigen Prüfung der Skalenreliabilität wurden die Mittelwerte der Skalen für jeden Datensatz berechnet und diese mittels T-Test für unabhängige Stichproben verglichen.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 5.20. bis 5.22. zusammen mit den Standardabweichungen der Mittelwerte dargestellt.

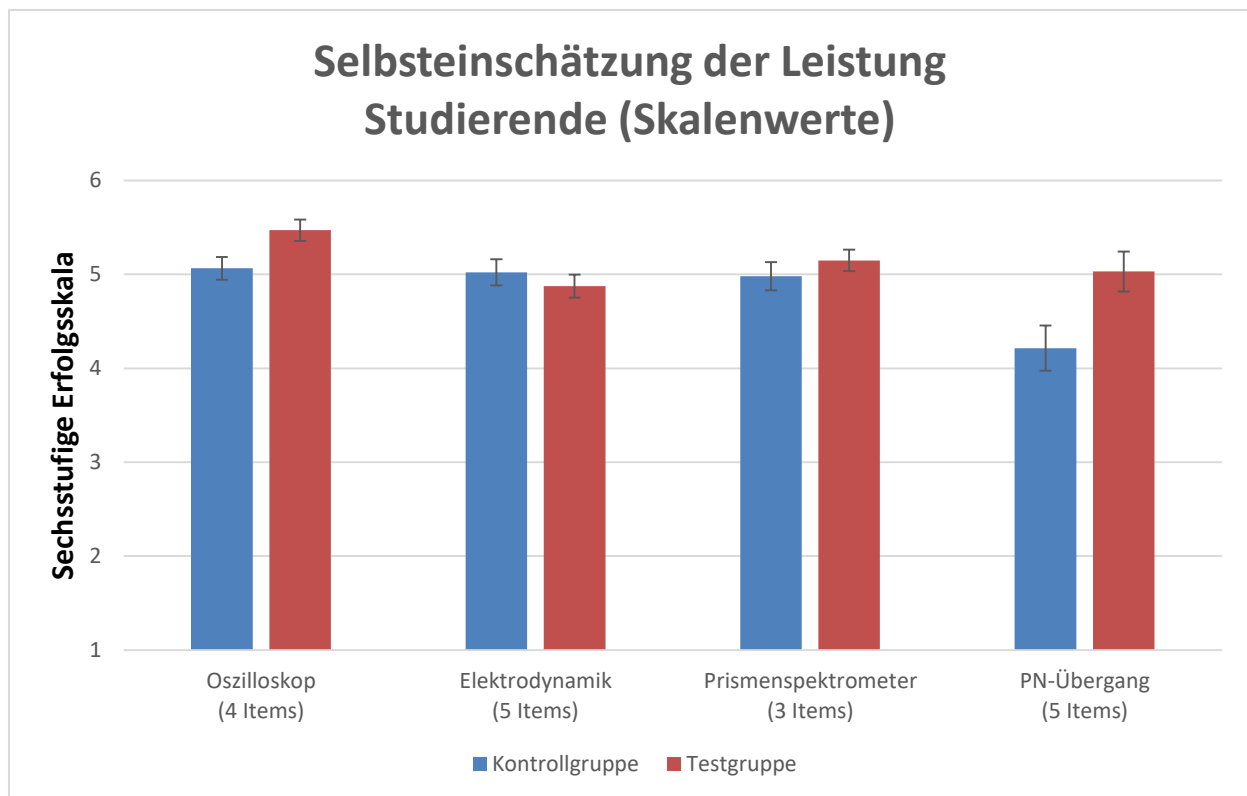


Abbildung 5.20.: Selbsteinschätzungsskalen der Studierenden (Erfolgsskala)

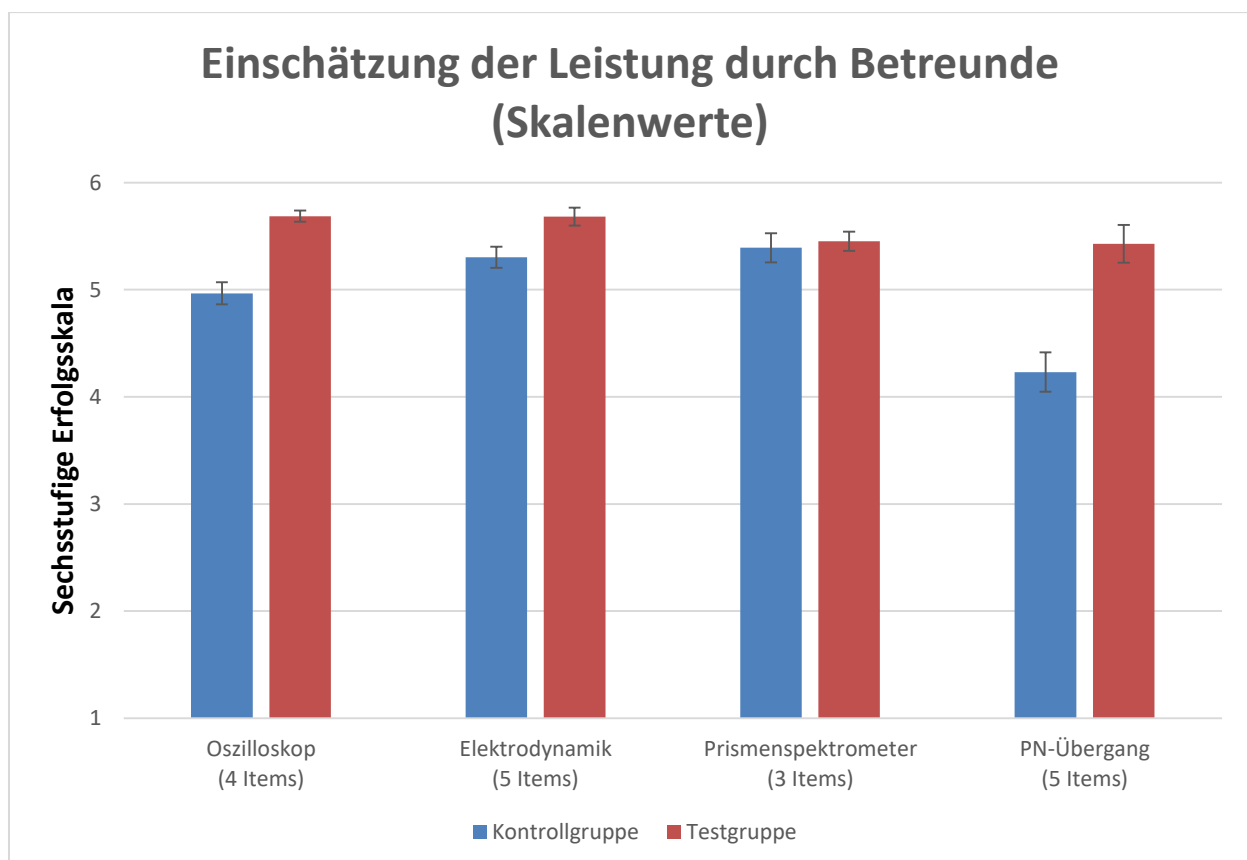


Abbildung 5.21.: Einschätzungsskalen der Betreuenden (Erfolgsskala)

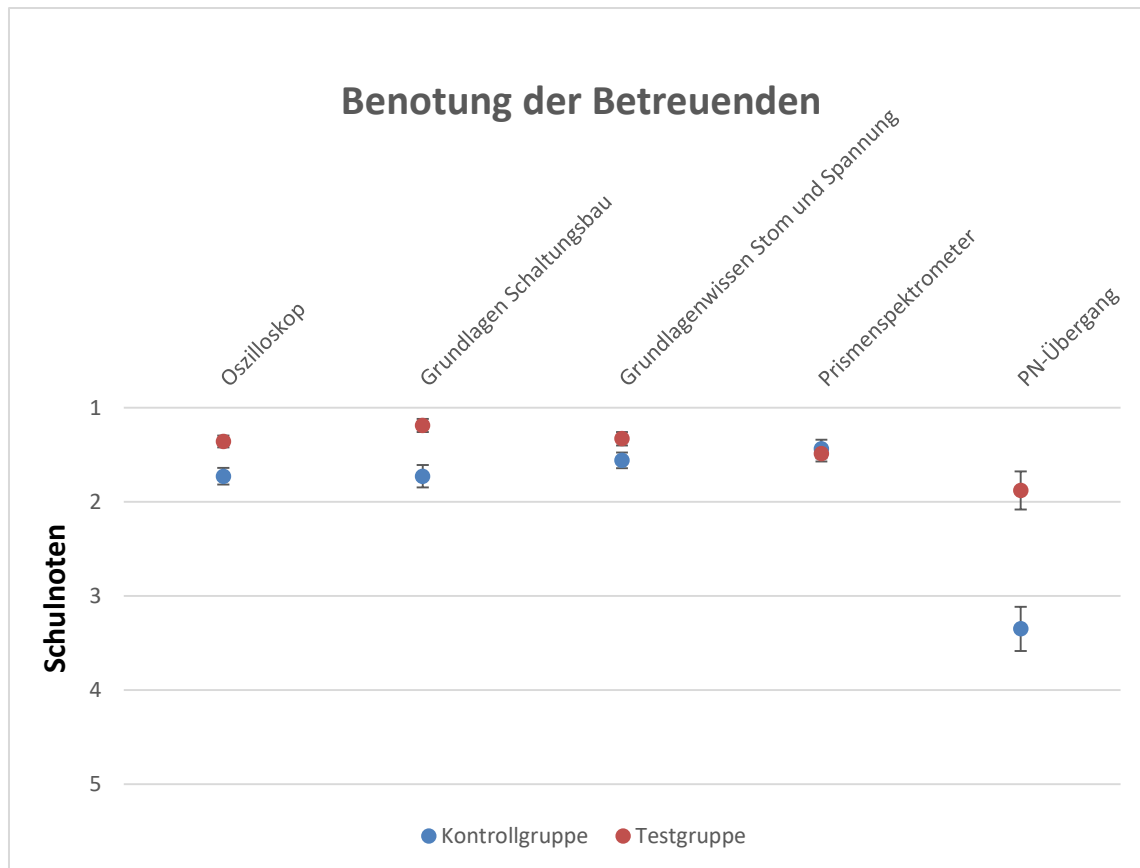


Abbildung 5.22.: Durchschnittsbenotung der Betreuenden für die Bereiche der Inhalte der Videos

Wie in Abbildung 5.20. zu sehen ist hat sich die Selbsteinschätzung der Studierenden nur bei den Erfolgsskalen Oszilloskop und P-N-Übergang gebessert. Bei dem Thema Prismen-Spektrometer war nur eine nicht signifikante Steigerung beobachtbar und bei dem Thema Elektrodynamik sogar eine nicht signifikante Verschlechterung. Als Signifikanzniveau wurde 95% gewählt.

Abbildung 5.21. zeigt die Bewertungsskalen der Betreuenden. Diese unterscheidet sich insofern, als hier drei der vier Erfolgsskalen der Videos eine signifikante Steigerung aufweisen und diese Steigerungen deutlicher sind. Beim Prismenspektroskop konnte allerdings auch hier keine Änderung festgestellt werden.

In Abbildung 5.22. sind die Durchschnittsnoten der Betreuenden für die jeweiligen Themen aufgetragen. Hier bestätigt sich das Bild der Betreuenden-Skalenwerte und bei allen Themen außer dem Prismenspektroskop ist eine signifikante Steigerung beobachtbar. Der Erfolg des Videos zur Elektrodynamik wurde hier schon beim Fragebogendesign in die Unterkategorien „Grundlagen Schaltungsbau“ und „Grundlagenwissen zu Strom und Spannung in der Schaltung“ unterteilt, um genauer bestimmen zu können in welchen Bereichen das Video hilfreich ist (Dieses Video behandelt ungefähr zu gleichen Teilen theoretische und praktische Aspekte des Schaltungsbaus).

Bei den Punktebewertungen ließ sich bei keinem der Beispiele eine signifikante Steigerung feststellen. Allerdings ist hier sehr auffällig, dass mit Ausnahme des PN-Beispiels bei den anderen Themen mindestens 75% der Bewertungen für die Durchführung und mindestens 83% der Bewertungen für die Vorbereitung die beiden höchstmöglichen Werte der 9-, bzw. 7-stufigen Skala waren (3,5 und 4 von 4) und maximal 6% der Bewertungen die auf die schlechtesten vier (Vorbereitung) bzw. sechs (Durchführung) möglichen Ergebnisse entfielen. Das bedeutet, dass für die Punktebewertung effektiv nur die obersten Werte verwendet wurden.

Kritik und Diskussion der Ergebnisse:

Da die Einschätzung der eigenen Leistung der Studierenden in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit dem empfundenen Nutzen des Videos steht, handelt es sich bei diesen Ergebnissen eher um Kontrollwerte dafür, ob Studierende die eigene Leistung im Rahmen der für die Praktikumseinheiten relevanten Kriterien richtig einschätzen können. Wäre ein deutlicher Unterschied zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung beobachtbar gewesen, hätte das bedeutet, dass Studierende fundamental andere Bewertungskriterien für den eigenen Erfolg verwenden als die Betreuenden, wie es in kleinem Ausmaß bei der Erfolgsskala der Elektrodynamik der Fall zu sein schien. Außerdem sollte überprüft werden, ob Studierende ihre Leistung mit der Unterstützung durch die Videos besser einschätzten, ohne dass sie tatsächlich besser war. Beides konnte nicht festgestellt werden, weshalb die anderen Ergebnisse als aussagekräftig angenommen werden.

Obwohl die Effekte größtenteils signifikant positiv sind, sind sie durchwegs eher von schwacher Ausprägung. Bei den Punkten für die Praktikumsbewertung gab es gar keine Änderung. Als Gründe dafür werden unter anderem die folgenden angenommen:

1. Die Vergleichswerte der Kontrollgruppe sind mit Ausnahme des P-N-Themas, wo sie dennoch deutlich im positiven Bereich der Skala liegen, sehr hoch. Bei allen diesen Themen liegen die Werte knapp bei, oder deutlich über fünf, auf einer sechsstufigen Skala. Da der Median der Skala bei 3,5 liegt steht für eine Besserung der Effekte nur ein sehr kleiner Teil der Skala zur Verfügung. Dies ist insofern überraschend, als ja dem Projekt eine Interviewreihe vorangegangen ist, in der die Themen mit den größten Schwierigkeiten ausgewählt wurden. Da die Kontrollgruppe das Praktikum in gewohnter Form durchgeführt hatte, wurden aufgrund der Aussagen der Betreuenden schwächere Werte erwartet.
2. Die Skalen sind zwar eingängig statistisch überprüft, umfassen aber dennoch maximal fünf Items. Um eine höhere Auflösung zu erzielen, hätten umfangreichere Befragungsinstrumente, und ggf. andere Testmethoden – wie zum Beispiel validierte Wissenstests – verwendet werden müssen, die den Praktikumsverlauf gestört hätten.

3. Betreuungspersonen haben zumindest fallweise unterstützend eingegriffen. Durch Gespräche mit Betreuungspersonen und informelle Beobachtungen ließ sich feststellen, dass einige von Ihnen, insbesondere bei der Kontrollgruppe und speziell beim Prismenspektrometer, von vorne herein genau dieselben Inhalte ansprechen wie die Videos, weil sie eben aus Erfahrung wissen, dass diese von den meisten Studierenden nicht beherrscht werden. Sie erfüllten somit dieselbe Rolle, die nach erfolgreicher Testung die Videos ebenfalls erfüllen sollten. Bei der Studie wurde aber nur der Mehrwert der Videos gegenüber den bestehenden Vorbereitungsmaterialien untersucht. Die Betreuungspersonen wurden zwar alle schriftlich über den Ablauf und die besonderen Gegebenheiten informiert, diese Information wurde aber nicht immer in die Praxis umgesetzt. Es wird daher, auch wegen der Aussage von Punkt 1, ein gewisser „Kompensationseffekt“ vermutet.
4. Die Studierenden der Kontrollgruppen, mit Ausnahme des PN-Beispiels, haben sich nach eigenen Angaben besser vorbereitet, was den Effekt durch einen höheren Kontrollwert abschwächen könnte.
5. Die Videos wurden in vielen Fällen nur einmal angesehen – und das, nachdem sich Studierende nach eigenen Angaben bereits eingehend auf das Thema vorbereitet hatten (mehr als 60% gaben bei allen Beispielen an, sich sehr gut vorbereitet zu haben – siehe Abbildung 5.16.-5.19.). Außerdem sind die Videos lang und teilweise komplex, was zwar manchen Design-Prinzipien widerspricht, aber im Rahmen dieses Projektes wegen der in Kapitel 4.8. genannten Rahmenbedingungen nicht anders umsetzbar war. Für eine möglichst effektive Verwendung der Videos hätten diese bereits in der Vorbereitung individuell verfügbar sein müssen, inhaltlich angekündigt und in die Betreuungspraxis eingebunden.
6. Die Videos wurden in ihrer „1. Fassung“ im Sinne eines Produktionszyklus gezeigt. Das bedeutet, dass diese Untersuchung eigentlich nur die erste Phase einer fertigen Entwicklung umfasst, und ergebnisbasierte Überarbeitungsschritte nach sich ziehen sollte.
7. Die Punktebewertung für das Praktikum umfasst die gesamte Praktikumseinheit. Die Videos behandeln nur Teilinhalte der Einheiten bzw. Experimente. Da sich aus den Einschätzungsfragen der Betreuenden ableiten lässt, dass die Kontrollmessung bereits auf einem hohen Niveau lag und sich nur geringfügig steigerte, wäre es nachvollziehbar, dass eine Steigerung in diesem Teilbereich in der Punktebewertung, für welche ebenfalls effektiv nur der oberste Bereich der Skala genutzt wurde, nicht auflösbar wäre.

Die oben genannten Einschränkungen sollen nicht die Aussagekraft der Ergebnisse untergraben, sondern im Gegenteil zeigen, dass eben trotz dieser „Widrigkeiten“ zumindest ein klarer Indikator auf positive Effekte für die Praktikums Umgebung ableitbar ist. Diese wären allerdings in Folgestudien

mit anderen Rahmenbedingungen zu untersuchen und in Bezug auf Art und Ausmaß genauer einzugrenzen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird das Erfolgskriterium „Leistungssteigerung“ somit für drei der Videos als erfüllt angesehen.

5.3.3. Erfolgskriterium Passung

Da nur die Testgruppe die Videos gesehen hat, wurde für dieses Kriterium kein T-Test durchgeführt. Die Analysen auf Skalenkonsistenz und Reliabilität wurden in gleicher Weise wie für die Untersuchung der Leistung durchgeführt. Diese ergaben allerdings leider nicht vergleichbar gute Ergebnisse. Nur einer der Datensätze wies bei der Skala nach Weglassen des Items 1 einen Cronbach- α Wert von über 0,8 auf. Zwei andere lagen zwischen 0,6 und 0,7, ebenfalls nach Weglassen des Items 1. Der kleinste Datensatz, zum PN-Video lag gar nur bei 0,44. Der Grund dafür ist vermutlich die Fragenformulierung und deren geringer semantischer Zusammenhang. So fragen zwei Fragen nach Tempo und Verständlichkeit der Inhalte und die anderen beiden danach, ob das Video grundsätzlich gefallen hat und ob es aufmerksam angesehen wurde. So ist das Item 3 eher als Validierung der Zuverlässigkeit der Aussagen von Item 1 und 2 zu sehen, da davon ausgegangen wird, dass bei geringerer Aufmerksamkeit das Video als eher schnell und schwerer verständlich erscheint. Aus diesem Grund wurden die Items nur per Häufigkeitsanalyse verglichen. Diese ist in Abbildung 5.23. zu sehen. Das Item 1 wurde hier bereits umcodiert, daher sind die „positiven“ Bewertungen stets rechts und die „negativen“ links.

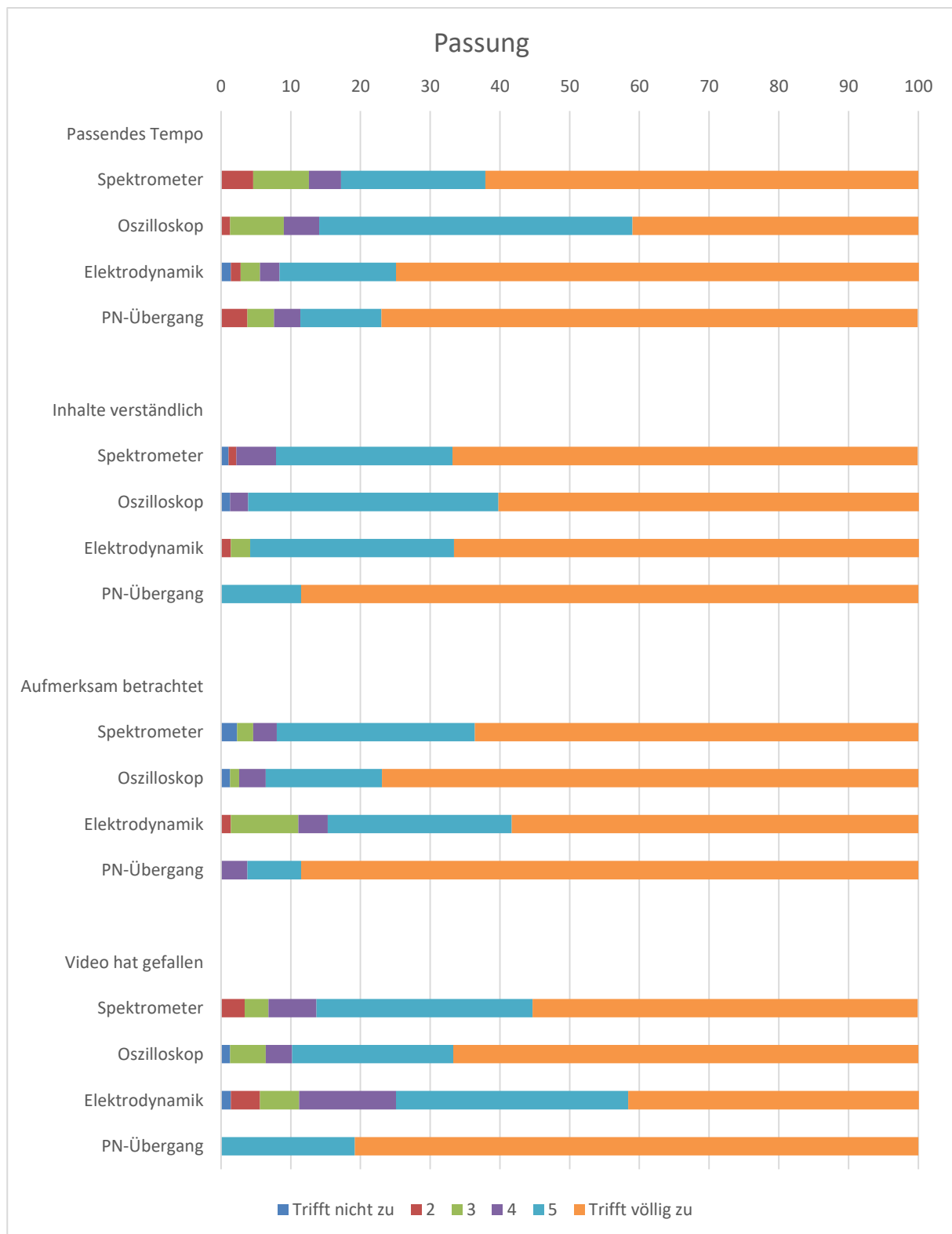


Abbildung 5.23.: Häufigkeitsverteilung der Passungsitems in Prozent

Da als Grenzwert zur Messung des Erfolges dieses Kriteriums galt, dass mindestens die Hälfte der Studierenden die Videos im positiven Bereich bewerten müssen, ist dieser Punkt klar erfüllt. Mit zwei Ausnahmen haben sogar mehr als die Hälfte die Fragen mit der höchstmöglichen Antwort (Orange) bewertet und mit einer Ausnahme mehr als 80% mit den besten zwei Antwortmöglichkeiten.

5.3.4. Erfolgskriterium Nutzen

Wegen der geringen Anzahl an Items in diesem Frageblock, den inkonsistenten Ergebnissen der Skalen-reliabilitätsprüfung und den thematischen Unterschieden der Fragen wurde auch bei diesem Item von der Auswertung eines Skalenwertes abgesehen. Das erste Item prüft in genereller Weise, ob das Video für eine sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext gehalten wurde. Bei dieser Frage werden, basierend auf den Ergebnissen des Pretestings am ehesten auch „altruistische“ Antwortmotive vermutet. Das bedeutet, dass erwartet wird, dass Studierende hier eher darauf antworten, ob Sie Videos dieser Art prinzipiell für sinnvolle Hilfestellungen halten, bzw. meinen, dass diese anderen Studierenden helfen könnten – auch dann, wenn die Meinung über den eigenen konkreten Fall anders liegt. Diesen fragt das Item 2 ab, indem es konkret nach dem Nutzen in der eben durchgeführten Einheit fragt. Das dritte Item stellt gewissermaßen eine Erweiterung der Skala des zweiten Items dar, da es abfragt, ob das Video sogar mehr geholfen hat als die entsprechenden Teile im Anleitungstext.

Hierbei ist anzumerken, dass die Videoinhalte zwar auf den Anleitungstexten basieren, aber im Gegensatz zu diesen in keinem Fall konkret einen Versuchsaufbau beschreiben. Sie liefern daher in manchen Bereichen mehr oder weniger Information als der Text. Die Texte haben im Gegensatz zu den Videos viele Überarbeitungsschritte durchgemacht und geben, innerhalb der dem Medium entsprechenden Möglichkeiten, die relevanten und für die Durchführung des Praktikums notwendigen Informationen kompakt und an der Experimenten-Abfolge orientiert gut strukturiert wieder. Daher wird eine positive Bewertung bei diesem Item als starker Indikator für subjektiv empfundenen Nutzen und, in Kombination mit einer Leistungssteigerung, als deutlicher Hinweis auf ein inhaltsbezogen effizienteres mediales Lehrmittel gesehen. Die Ergebnisse der Häufigkeitsanalyse sind in Abbildung 5.24. dargestellt.

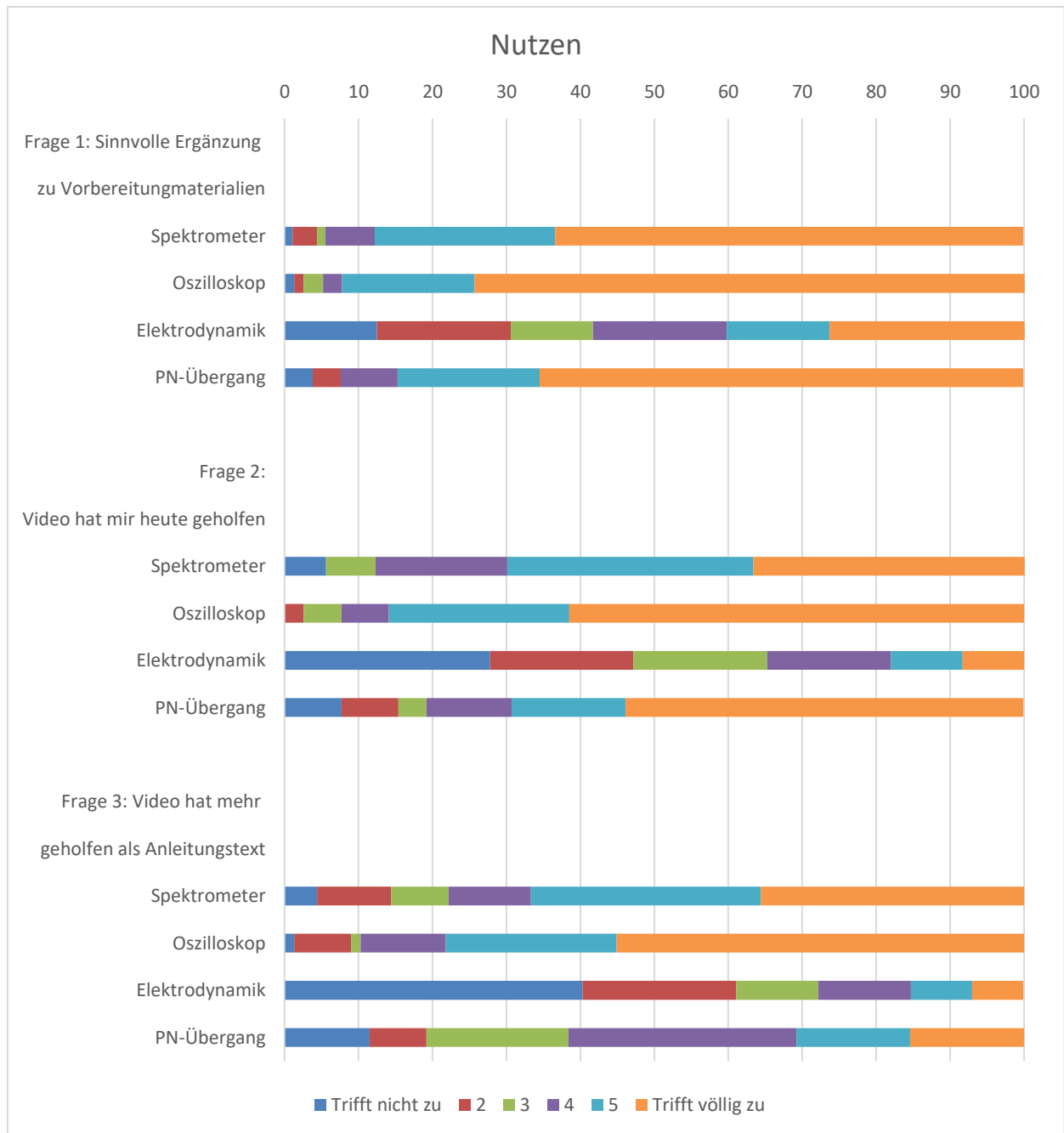


Abbildung 5.24.: Häufigkeitsverteilung der Nutzen-Items in Prozent

Bei den ersten beiden Items bietet sich ein ähnliches Bild wie bei der Passung. Allerdings weist das Video zur Elektrodynamik deutlich schlechtere Bewertungen auf und erfüllt als einziges das Erfolgskriterium von 50% positiver Bewertungen im oberen Drittel deutlich nicht. Dies ist insofern ein interessantes Ergebnis, als sich bei dieser Gruppe die Leistung trotzdem signifikant gesteigert hatte. Die vermutete Ursache für dieses eher schlechte Ergebnis lässt sich leicht kurz mit einigen Exzerpten aus dem offenen Kommentarbereich der Fragebögen illustrieren (wegen der Anonymisierung sind die Zitate nicht mit Namen angeführt):

„Das Video ist Teil des PW 1 und bringt nicht mehr recht viel“

„Video hätte besser zu PW 1 gepasst. Für PW 9 zu grundlegend. Kein Bezug zu den Experimenten in PW 9“

„Ich finde, das Video gibt eine gute Zusammenfassung der Grundlagen, geht jedoch anders als das Video zu PW 7 nicht näher auf die verwendeten Geräte ein. Als Erklärung zu den Grundlagen hätte es auch gut zu PW 1 gepasst“

Die Studierenden bringen somit eine ähnliche Meinung zum Ausdruck wie zuvor kurz dargelegt wurde, nämlich, dass dieses Video inhaltlich besser zu den einführenden Experimenten passt und bei denjenigen, wo es gezeigt wurde, eher deplatziert wirkt. Das Video war deswegen in diesen Beispielen auch eher als „Auffrischung“ und alternative Darstellung intendiert denn als grundlegend neue und unmittelbar notwendige Information. Die Betreuenden haben allerdings in den Interviews zu verstehen gegeben, dass das grundlegende Verständnis von Strom und Spannung in einem Schaltkreis und die Konsequenzen daraus für den korrekten Schaltungsbau auch bei fortgeschrittenen Studierenden oft mangelhaft ist, was auch den signifikanten Leistungszuwachs trotz der subjektiv empfundenen „Redundanz“ erklären könnte.

In Kombination damit, dass die Studierenden das Video zum Prismenspektrometer als ähnlich hilfreich empfunden haben wie das zum Oszilloskop, obwohl bei ersterem keinerlei Leistungssteigerung feststellbar war, ließe sich vermuten, dass die Studierenden den objektiven Nutzen der Videos nicht richtig einschätzen können. Insofern ist es umso wichtiger, dass dieser Nutzen zumindest subjektiv besteht, wenn Studierende die Videos aus Eigeninitiative verwenden sollen. Wichtig für dieses Empfinden ist scheinbar vor allem die Unmittelbarkeit der Inhalte der Videos. Hierbei besteht ein gewisser Konflikt zu didaktischen und pädagogischen Zielen, da ein Video, das jeden Schritt eines Experimentes beschreibt, nachhaltige Lernerfahrungen eher hemmen würde. Wichtig ist es, zu unterscheiden, auf welche Art Inhalte an der Erreichung der Ziele beteiligt sind und somit eine klare Trennung zwischen extrinsischen und intrinsischen kognitiven Belastungen durchzuführen. Die extrinsischen Belastungen sind dann gegebenenfalls durch eine andere Aufbereitung der Inhalte, zum Beispiel durch ein Video oder ein Interaktives Bildschirmexperiment, zu minimieren.

Ein Video, das die Notwendigkeit einer selbstständigen Lösungsfindung eliminiert, indem es beispielsweise eine Schritt-für-Schritt Erklärung eines Experiments zeigt, wäre im Sinne des didaktischen Lernziels eher schädlich. Insofern ist es für ein Lehrmittel, das selbstständig verwendet werden soll, wichtig, themenbezogen die Balance zwischen allgemeinen und konkreten Inhalten zu finden und darüber hinaus nützlich zu wirken.

Im Rahmen der Erfolgskriterien gilt dies jedenfalls für drei der Videos als erfüllt. Bei zwei Videos empfand sogar eine deutliche Mehrheit die Videos als hilfreicher als den Anleitungstext weshalb davon ausgegangen wird, dass diese eher von Studierenden in der Vorbereitung angesehen würden. Diese Videos wurden auch am ehesten mehrmals in der Praktikumseinheit angesehen. Da in diesen Videos vor allem praktische Aspekte der jeweiligen Experimente behandelt wurden, wird davon ausgegangen, dass Studierende besonders Videoinhalte zur Handhabung von Geräten als nützlich empfinden. Dies entspräche auch den Ergebnissen von Zastrow (2001).

Angeichts eines mangelnden Nachweises der Leistungssteigerung beim Video zum Prismenspektroskop stellt sich allerdings die Frage, ob dessen Implementierung in die E-learning-Umgebung mit dem Erfolg bei Passung und subjektivem Nutzen ausreichend gerechtfertigt ist. Der Praktikumsleiter Dr. Nagel hat sich dazu allerdings wie folgt geäußert:

„Ich habe das Video „Prismenspektrometer“ den Meteorologie Studierenden vorgespielt beziehungsweise sie haben es während des Praktikums verwendet. Der Effekt war erstaunlich gut. Sie waren im Umgang sicherer, selbstständiger und schneller fertig, beziehungsweise hatten mehr Zeit, sich mit der Physik zu beschäftigen.“ (mündliche Aussage, Nagel, 2016)

Das Video zum Prismenspektrometer betrifft außerdem andere Lehrveranstaltungen im physikalischen Praktikum für Ernährungswissenschaften und das in der obigen Aussage erwähnte Praktikum für Meteorologen, welche beide mit anderen Voraussetzungen in das Praktikum kommen. Insofern wäre eine Untersuchung der Effizienz bei diesen Gruppen auch interessant. Ebenso wäre eine Untersuchung des Elektrodynamik-Videos bei den Praktikumseinheiten zu den Grundlagen von Strom und Spannung interessant, vor allem auch, um zu messen, ob auch dort ein Leistungszuwachs zu beobachten wäre.

6. Zusammenfassung und Ausblick

„Neue Medien“ sind zu einem Schlagwort für Innovation in vielen Bereichen geworden, von der Wirtschaft im Allgemeinen, über Marketing im Besonderen, bis hin zum Forschungsbereich dieser Arbeit: Bildung und Lernen. Im Zuge der rasanten technischen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte hat sich die Welt und das Verhalten der Menschen stark geändert. Mehr Menschen haben Zugang zu fortschrittlicheren Technologien als je zuvor. Das Potenzial dieser neuen Technologien, der durch sie ermöglichten „Neuen Medien“ und deren entsprechend anderen Nutzung ist unbestreitbar enorm. Aber in vielen Fällen wurde die Frage nach der Nutzung der Frage nach dem Nutzen vorangestellt – nach dem Motto: „Gib den Menschen, was sie wollen.“ Aber wie man weiß, ist das, was der Mensch will, nicht immer auch das, was er braucht. Das gilt vor allem dann, wenn es sich dabei um eine Form von erzieherischen Maßnahmen im weiteren Sinne, also auch Bildung und Ausbildung, handelt.

Gerade in der Bildung hätten Lernende wie Lehrende, insbesondere in diesen immer schnelllebigeren Zeiten, oft gerne ein alleskönnendes Lehr-Lernmittel, das in der kürzest möglichen Zeit an möglichst viele beliebig wählbare Ziele führt. In den neuen Medien sahen und sehen viele Menschen nach wie vor die Möglichkeit, solch ein Lehrmittel zu realisieren. Wann immer in der Geschichte eine revolutionäre neue Technologie erfunden und in Folge vielen Menschen verfügbar gemacht wurde, versprachen sich die Menschen eine automatische Besserung des Lebens. Vom Buchdruck über das Fernsehen und Internet bis zum Handy und der damit einhergehenden „Mobilität“, alle diese Dinge sollten das Leben besser, einfacher und effizienter machen.

Bereits als das Fernsehen noch in den Kinderschuhen steckte, träumten Menschen davon, dass bald alles Wissen überall zugänglich sein würde. Denn Wissen bekam man von Büchern und von Lehrern – und wenn man einen Lehrer filmen kann, dann kann er ja indirekt alle Menschen unterrichten, die sich diesen Film ansehen. Wie wir heute wissen hat sich diese Vorstellung als unwahr dargestellt. Wenn die bloße Verfügbarkeit von Wissen, in welcher medialen Form auch immer aufbereitet, dazu führen würde, dass alle Menschen, denen es zu Verfügung steht, sich dieses auch aneignen, wäre die Welt ein sehr anderer Ort.

So wie bei dieser utopischen Vorstellung von den Möglichkeiten des Fernsehens haben die Phantasien der Menschen die Realität immer wieder überflügelt. Das interessante dabei ist, dass nicht die technologischen Möglichkeiten das Wahrwerden dieser Erwartungen verhinderten, sondern die menschliche Komponente. Der Mensch kann einer Technologie nur so viel Nutzen abgewinnen, wie er selbst zu verarbeiten bzw. gezielt einzusetzen im Stande ist. Für Lehr- und Lernmittel bedeutet

das, dass sie sich vor allem am Menschen, und nicht an der Technik orientieren müssen. Viele „Bildungstrends“ sind ebenso schnell verschwunden wie sie erschienen sind und haben in der Lehrpraxis keine bleibenden Änderungen hinterlassen. Nicht umsonst wird jeder Schüler und Studierende auf der Welt immer noch Bücher, Abbildungen und Unterrichtende in Fleisch und Blut, wie sie auch vor 70 Jahren schon zur Verfügung gestanden wären, als zentralere Elemente ihres Bildungsprozesses bezeichnen als alle andern. Umso wichtiger ist es daher, bei Entwicklungen im Bereich der Bildung die Frage nach dem „Wofür“ der Frage nach dem „Wie“ voranzustellen. Neuerungen sollten niemals nur zum Selbstzweck durchgeführt werden – und somit keine echten Neuerungen sein – wie das im Bildungsberiech leider nur zu oft der Fall ist. Jede Bildungsmaßnahme sollte die Antwort auf eine Frage bzw. ein Bedürfnis sein und diese Frage deutlich beantworten können.

Ziel dieser Arbeit war es, ebendies in einem kleinen Rahmen im Bereich der Hochschulbildung zu tun. Zu Beginn wurden verschiedene Problemstellungen bei der Entwicklung und Implementierung neuer Medien in das Anfängerpraktikum untersucht, und didaktisch argumentiert, warum neue Medien eine Besserung im Praktikumsbetrieb bringen könnten. Danach wurden die die allgemeinen Möglichkeiten neuer Medien denen „herkömmlicher“ gegenübergestellt und eine entsprechende Kategorisierung dieser Medien vorgenommen.

Im Folgenden wurden verschiedene positive Effekte bei der Verwendung von neuen Medien dokumentiert und gleichzeitig Grundregeln für die Entwicklung von neuen Materialien abgeleitet, um diese Effekte auch tatsächlich geltend zu machen. Diese basieren dabei auf den im Grundlagenkapitel beschriebenen kognitiven Strukturen und den inneren Vorgängen des menschlichen Informationsverarbeitungssystems, das sich im Gegensatz zu den technologischen Möglichkeiten in den letzten Jahrzehnten kaum verändert hat.

Die Kernfrage dieser Analyse war also nicht, wie man das Potenzial audiovisueller Technologie und des Internets am besten nutzen kann, sondern wie man das Potenzial des Menschen durch diese Technologie besser nutzen kann. Nach dieser Sammlung möglicher positiver Lerneffekte wurde in einer Bedarfserhebung nach dem „Wofür“ gesucht. Dafür wurden Betreuende des Anfängerpraktikums interviewt, um herauszufinden, welche Bereiche der Lehrpraxis mit den vorhandenen Lernmitteln am wenigsten bewältigt wurden.

Aus den gesammelten Bereichen wurden vier Themen ausgewählt, zu denen Lernmaterialien, in Form von Videos, auf Basis der eingangs beschriebenen Regeln produziert wurden. Diese Videos

wurden im Wintersemester 2015 in einer Test-und-Kontrollgruppen-Untersuchung der Hälfte der Studierenden des Anfängerpraktikums gezeigt. Da das Ziel eine Verbesserung der Lehr-Lernpraxis im Anfängerpraktikum war, fiel der Entschluss, die Untersuchung unter so realistischen Bedingungen wie möglich zu durchzuführen. Dies bedeutete insofern eine Erweiterung der wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse über die Effekte, da viele von ihnen bisher nur unter Laborbedingungen untersucht und nachgewiesen wurden.

Um zu überprüfen, ob diese Effekte sich auch in diesem wirklichkeitsnahen Rahmen manifestierten, wurde eine kriterienbasierte Evaluation durchgeführt. Dabei wurden für jedes Video themenspezifische Items entwickelt und in quantitativen Fragebögen den Studierenden und Betreuenden in jeder betroffenen Einheit zur Beantwortung gegeben. Die so gesammelten Daten wurden eingehend auf ihre statistische Signifikanz und Zuverlässigkeit überprüft und ausgewertet.

Nach diesen Ergebnissen erfüllten zwei der vier Videos alle drei Erfolgskriterien, die beiden anderen erfüllten jeweils eines nicht. Mit Rücksicht auf die in Kapitel 6 genannten Einschränkungen dieser Untersuchung wird ihr Ergebnis als deutlicher Hinweis auf positive Lerneffekte, und somit als Basis für eine weiterführende Erforschung des Themas sowie eine vorläufige Implementierung der Videos in unveränderter Form in die E-Learning-Umgebung des Praktikums gesehen.

Für die weiterführende Forschung wäre es interessant, *post-treatment probings* durchzuführen, und die Videos basierend auf deren Ergebnissen zu überarbeiten. Vor allem Untersuchungen mit veränderten, kontrollierbaren Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel eine Laboruntersuchung, die anhand eines Leistungs-, bzw. Wissenstests die Leistung von Gruppen vergleicht, die entweder nur die Videos oder nur den entsprechenden Text verwenden durften. Um die Art und Ausprägung der Effekte genauer eingrenzen zu können, sollten diese Untersuchungen auch nur einzelne Passagen der Videos verwenden.

Vor allem die wenig erforschten motivationalen Aspekte der Verwendung neuer Medien und deren Auswirkung auf die Lernleistung, welche auch in diesem Projekt nicht abgefragt wurden, sollten in Zukunft näher untersucht werden.

In Bezug auf eine Weiterverwendung der Videos wäre eine Implementierung der Videos im Hypertext-Format in die Anleitungstexte denkbar. Dabei könnten die einzelnen Szenen genau den Passagen im Text zugeordnet werden, die sie betreffen bzw. zu denen sie inhaltlich passen. Studierende und Lehrende könnten so je nach Bedarf auf einem Gerät diese zusätzliche kompakte

Information abrufen. Das wäre insbesondere dann sinnvoll, wenn der Anleitungstext vor Ort auf einem Gerät genutzt wird, und nicht in ausgedruckter Form. Dies würde auch eine Integration in die Lehrpraxis zusätzlich zur Lern-, und Vorbereitungspraxis der Studierenden erleichtern. Die Lehrenden müssten genau über den Inhalt der Videos Bescheid wissen und könnten sich bei Bedarf dieser bedienen um verschiedene Punkte in einem Betreuungsgespräch zu illustrieren. Da der Betreuende in diesem Fall das Video kommentieren und Studierende konkrete Fragen stellen können, würde der Anwendungsbereich der darin enthaltenen visuellen Informationen erweitert.

Im Hinblick auf die Frage der Ressourceneffizienz bei der Produktion solcher Videos wäre die Frage nach den tatsächlichen Kosten für eine Produktion ähnlicher Inhalte außerhalb eines (unentgeltlichen) Diplomprojektes noch genauer zu klären. Dies gilt ebenso für die Verfügbarkeit von Personal mit den entsprechenden Kompetenzen. Effizienzsteigernd könnte dabei eine Übersetzung der Videos in andere Sprachen sein, oder auch die Bildung einer Art Plattform für Hochschulen, über die die Produktion von Lehr-Inhalten für diverse Fakultäten und Lehrveranstaltungen angefragt werden könnte.

Zusammenfassend werden die Ergebnisse dieser Arbeit im Rahmen der selbstgesetzten Ziele als Erfolg angesehen. Um allerdings im größeren Rahmen der Kognitions- und lernpsychologischen Forschung sowie der Physikdidaktik im Allgemeinen darüber hinaus gehende neue Erkenntnisse zu erreichen, ist weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig. Und dafür bildet die hier präsentierte Untersuchung einen soliden Grundstein.

7. Danksagung

Allen voran möchte ich mich bei meinen Eltern Rudolf und Christina bedanken, die mich auf meinem gesamten Lebensweg unterstützt haben. Sie haben mir das Studium nicht nur ermöglicht sondern von Anfang an mich geglaubt und mich ermutigt, waren immer mit Rat und Hilfe für mich da, und haben mir bei allen Herausforderungen des Leben Rückhalts gegeben. Sie beide sind mir ein großes Vorbild – ohne sie hätte ich es mit Sicherheit nie so weit gebracht, und ich kann mich sehr glücklich schätzen in diese Familie hineingeboren zu sein.

In diesem Sinne möchte ich mich auch bei meinen Geschwistern Johannes, Benjamin, Lukas und Teresa, sowie bei meiner Freundin Ricarda bedanken, die in den schwierigen Zeiten während des Studiums immer für mich da waren, und mich motiviert haben, weiterzumachen und durchzuhalten.

Danken möchte ich auch meinem Betreuer Prof. Martin Hopf und besonders meinem Ko-Betreuer Dr. Clemens Nagel, der vom mir vom ersten Gespräch zur Themenfindung an bis zur letzten Durchsicht der Arbeit immer sehr unterstützend und hilfreich zur Seite stand und an den ich mich mit allen Fragen und Problemen wenden konnte.

Auch den Betreuerinnen und Betreuern des Anfängerpraktikums, und den über 150 Studierenden die die Durchführung meines Projektes durch ihre Mitarbeit erst ermöglicht haben, möchte ich meinen Dank ausdrücken.

8. Literaturverzeichnis

- Altrichter, H. & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht-. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Ayres, P. & Sweller, J. (2014). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 206-226). New York: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working Memory. In Bower, G. (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (Bd. 8., S. 47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A., Eysenck, M., Anderson, M. (2009). *Memory*. New York: Psychology Press.
- Ballstaedt, S.-P. (1990). Integrative Verarbeitung bei audiovisuellen Medien. In Böhme-Dürr, K., Emig, J., Seel, N. (Hrsg.), *Wissensveränderung durch Medien* (S. 185-196). München: Saur.
- Bauer, J. (2010). *Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Elektrizität*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Bednortz, P. & Schuster, M. (2002). *Einführung in die Lernpsychologie*. München: Ernst Reinhardt GmbH & Co KG, Verlag.
- Büsch, L. & Heinke, H. (2015). *Wie kann die Attraktivität von web-basierten interaktiven Praktikumsanleitungen gesteigert werden? DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik- Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.16.* <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/639/767>
- Butcher, K. (2014). The Multimedia Principle. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 174-205). New York: Cambridge University Press.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.

- Chandler, P. & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 151-170.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York: Psychology Press.
- Dörr, G. (1997). *Fernsehen und Lernen – attraktiv und wirksam?* München: Oldenburg Verlag.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis – Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. (1990). Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität, Inhalt und Aufgabenstellung. In Böhme-Dürr, K., Emig, J., Seel, N. (Hrsg.), *Wissensveränderung durch Medien* (S. 84-97). München: Saur.
- Fricke, A., Schecker, H., Rückmann, I. (2011). *Hypermedia in der Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum*. DPG-Frühjahrstagung 2011. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 03.05. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/284/330>
- Geary, D. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43, 179-195.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15, 313-331.
- Ginns, P. (2006). Integrating Information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16, 511-525.
- Häder, M. (2015). *Empirische Sozialforschung: Eine Einführung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Haller, H. (2011). *Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Meteorologie*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.

- Haller, K. (1999). Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen – Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im Physikalischen Praktikum. Dissertation am Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen. In Niedderer, H. & Fischler, H., *Studien zum Physiklernen, Band 5*. Berlin: Logos Verlag.
- Hamacher, J., Erkelenz, J., Heinke, H. (2015) *Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.14. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/637/765>
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning - A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London & New York: Routledge.
- Hoffmann, M. (2011) *Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Flüssigkeiten und Wärme*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Hucke, L. (1999). Handlungserwerb und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des Physikalischen Praktikums. Dissertation an der Universität Dortmund. In Niedderer, H. & Fischler, H., *Studien zum Physiklernen, Band 8*. Berlin: Logos Verlag.
- Hüther, M. & Theyßen, H. (2005). Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 11*, 117-129.
- Janssen, J. & Laatz, W. (2007). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. 6. Auflage. New York: Springer.
- Jeung, H., Chandler, P., Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychologist, 17*, 329-343.
- Kalyuga, S. (2008). Relative effectiveness of animated and static diagrams: An effect of learner prior knowledge. *Computers in Human Behavior, 24*, 852-861.
- Kalyuga, S. (2014). The Expertise Reversal Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 576-597). New York: Cambridge University Press.

- Kalyuga, S. & Sweller, J. (2014). The Redundancy Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 247-262). New York: Cambridge University Press.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 126-136.
- Kircher, E. (2006). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (Hrsg.) *Physikdidaktik* (S. 101-134). Berlin: Springer.
- Kittelber, R. & Freisleben, I. (1994) *Lernen mit Video und Film*. 2. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Kreiten, M. (2012). *Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum*. Dissertation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. 5. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Leahy, W. & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 943-951.
- Low, R. & Sweller, J. (2014) The Modality Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 227-246). New York: Cambridge University Press.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Fraser, B., Tobin, K. (Hrsg.), *International Handbook of Science education* (S. 249-264). Dordrecht: Kluwer Verlag.
- Mayer, R. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (S. 31-48). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (S. 43-71). New York: Cambridge University Press.

- Mayer, R., Steinhoff, K., Bower, G., Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research & Development*, 43, 31-43
- Miller, W. (1937). The picture crutch in reading. *Elementary English Review*, 14, 263-264.
- Miller, G. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two - Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test of the methods-affects-learning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 149-158.
- Moreno, R. & Mayer, R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Mousavi, S., Low, R., Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319-334
- Mühlenbruch, T., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2014). *TSL: Interventionsgestaltung im Nebenfachpraktikum*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 21.02. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/581/641>
- Nagel, C. (2005). *Neue Ziele der Lehramtsausbildung*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Nagel, C. (2009). *eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum*. Dissertation an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Nagel, C. & Wolny, B. (2013). Ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften - Didaktische Rekonstruktion und Evaluation. In *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*. PhyDid, 1/12, 48–61.
- Neumann, K. (2004) Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In Niedderer, H. & Fischler, H., *Studien zum Physiklernen, Band 38*. Berlin: Logos Verlag.

- Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 27-42). New York: Cambridge University Press.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76, 241-263.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual encoding approach*. New York: Oxford University Press.
- Penney, C. (1989). Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory and Cognition*, 17, 398-422.
- Peterson, L. & Peterson, M. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.
- Plückers, K., Heinke, H. (2015). Einsatz neuer Medien im Physikpraktikum für Medizinstudierende. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 20.01. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/638/731>
- Posner, M., Nissen, M., Klein, R. (1976). Visual dominance – An information processing account of its origins and significance. *Psychological Review*, 83, 157-171.
- Reder, L. & Anderson, J. (1980). A comparison of texts and their summaries: Memorial consequences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 121-134.
- Reder, L. & Anderson, J. (1982). Effects of spacing and embellishment on memory for main points of a text. *Memory & Cognition*, 10, 97-102.
- Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T., Nordmeier, V. (2014). *TSL: Quantitative Bedarfs- und Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 21.03. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/587/648>

- Rehfeldt, D., Gutzler, T., Nordmeier, V. (2013). *TSL: Technology SUPPORTed Labs. Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.21. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/423/567>
- Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T., Nordmeier, V. (2014). *TSL: Quantitative Bedarfs- und Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 21.03. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/587/648>
- Rinn, U. & Meister, D. (Hrsg.) (2004). *Didaktik und neue Medien*. Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Sander, F. (2000) Verbindung von Theorie und Experiment im Physikalischen Praktikum – Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum. In In Niedderer, H., Fischler, H., Sumfleth, E. (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen, Band 13*. Berlin: Logos Verlag.
- Schnell, M. (2002) *Bildungsfernsehen- Entwicklung und Gestaltung audiovisueller Lernangebote*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag GmbH.
- Schnotz, W. & Rasch, T. (2005). Enabling, facilitating, and inhibiting the effects of animations in multimedia learning: Why reduction of cognitive load can have negative results on learning. *Educational Technology Research and Development*, 53, 47-58.
- Schulmeister, R. (2002). *Grundlagen hypermedialer Systeme, Theorie - Didaktik - Design*. München: Oldenbourg Verlag.
- Steffens, U. & Höfer, D. (2014). *Die Hattie Studie*. Wiesbaden: Bundesministerium für Bildung und Frauen. http://www.sqa.at/pluginfile.php/813/course/section/373/hattie_studie.pdf
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.

- Theyßen, H. (2000). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin – Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion. Dissertation am Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen. In Niedderer, H. & Fischler, H., *Studien zum Physiklernen, Band 9*. Berlin: Logos Verlag.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 257-287.
- Van Gog, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 263-278). New York: Cambridge University Press.
- Weidenmann, B. (2002). *Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess*. In Issing, J., Klimsa, P. (Hrsg.) *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (S.45-64). Weinheim: Verlagsgruppe Beltz.
- Welzel, M. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 4, Heft 1*, 29–44
- Wilkins, A., Moscovich, M. (1978). Selective impairment of semantic memory after temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 16, 73-79.
- Wolny, B. (2010). *Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften unter Verwendung der Methode der didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Zastrow, M. (2001). Interaktive Experimentieranleitungen – Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit den Messgeräten im physikalischen Praktikum. In Niedderer, H. & Fischler, H., *Studien zum Physiklernen, Band 18*. Berlin: Logos Verlag
- Zumbach, J. (2010). *Lernen mit neuen Medien*. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

9. Anhang

A. Fragebögen BetreuerInnen

BetreuerInnenfragebogen LW7/PW11

WS2015

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht die Bewertung der Studierenden. Bitte versuchen sie daher die Fragen so genau wie möglich zu beantworten

Vielen Dank!

Datum: _____

Gruppencode: _____

Zumindest einer der Studierenden konnte selbstständig (nur mit Hilfe der Vorbereitungsmaterialien)....	trifft nicht zu	trifft völlig zu
die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde	☐	☐
den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten)	☐	☐
Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist die	☐	☐
die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen	☐	☐
Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü)	☐	☐

Insgesamt würde ich der Gruppe diese Schulnote für geben	1	2	3	4	5
selbständiges durchführen von Messungen am Oszilloskop (Probleme beim Aufbau der Schaltung ausgenommen)	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

BetreuerInnenfragebogen LW6/PW9

WS2015

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht die Bewertung der Studierenden. Bitte versuchen sie daher die Fragen so genau wie möglich zu beantworten

Vielen Dank!

Datum: _____

Gruppencode: _____

Zumindest einer der Studierenden hatte ein richtiges Konzept von....	trifft nicht zu						trifft völlig zu					
Zweck und Aufbau der Schaltungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wie sich Spannung und Strom in den Schaltungen verhalten	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Zumindest einer der Studierenden konnte selbstständig (nur mit Hilfe der Vorbereitungsmaterialien)....	trifft nicht zu						trifft völlig zu					
die Schaltungen richtig Aufbauen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Experimente und Messungen richtig durchführen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Volt-, und Amperemeter entsprechend der Versuchsanforderungen richtig einbauen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Insgesamt würde ich der Gruppe diese Schulnote für geben	1	2	3	4	5
aufbauen von Schaltungen	☐	☐	☐	☐	☐
Grundlagenwissen zu Strom und Spannung in Stromkreisen	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

BetreuerInnenfragebogen LW4

WS2015

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht die Bewertung der Studierenden. Bitte versuchen sie daher die Fragen so genau wie möglich zu beantworten

Vielen Dank!

Datum: _____

Gruppencode: _____

Zumindest einer der Studierenden konnte selbstständig (nur mit den zur Verfügung gestellten Vorbereitungsmaterialien)	trifft nicht zu						trifft völlig zu					
das Spektrometer aufbauen und das Beugungsmuster des Gitters sichtbar machen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Spektrallinien scharf durch das Fernrohr abbilden	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Winkel der Beugungsmaxima richtig bestimmen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Insgesamt würde ich der Gruppe diese Schulnote für geben	1	2	3	4	5
selbstständiges durchführen von Messungen am Spektrometer	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

BetreuerInnenfragebogen LW11

WS2015

UNTERRICHTSFACH PHYSIK (BEd/Diplom)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht die Bewertung der Studierenden. Bitte versuchen sie daher die Fragen so genau wie möglich zu beantworten.

Vielen Dank!

Datum: _____

Gruppencode: _____

Zumindest einer der Studierenden hatte ein richtiges Konzept von....	trifft nicht zu						trifft völlig zu					
Dotierung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diffusionsvorgängen im Allgemeinen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aufbau von Dioden	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Zustandekommen und Funktion der Sperrschicht	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Funktion der Diode als Leiterelement	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Insgesamt würde ich der Gruppe diese Schulnote für geben	1	2	3	4	5
Theoriewissen zum P-N Übergang	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

B. Fragebögen Kontrollgruppe

(Anm: Nur beim ersten Fragebogen PW11 ist auch die Vorderseite eingefügt da diese bei allen Fragebögen, bis auf den Einheitenküzel oben, Ident ist)

Evaluation des physikalischen Anfängerpraktikums PW 11

Kontrollgruppe WS2015

Bachelor Physik (BSc)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht Ihre Bewertung. Beantworten sie daher bitte die Fragen so ehrlich wie möglich!

Vielen Dank!

Diesen Teil bitte VOR der Praktikumseinheit ausfüllen

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich ☐ anders	Alter:	Studiensemester:
--	---------------	-------------------------

Datum : _____

1.) **Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich...** (eines auswählen)

- ☐ (noch) nicht gelesen
- ☐ überflogen
- ☐ nur die wichtigen Teile aufmerksam gelesen
- ☐ vollständig und aufmerksam gelesen

2.) **Auf die heutige Praktikumseinheit habe ich mich ... vorbereitet** (eines auswählen)

- ☐ kaum
- ☐ so gut wie nötig um keine schlechte Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie nötig um eine gute Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie möglich

3.) **Von den auf der Praktikumshomepage verfügbaren Zusatzmaterialien (sofern vorhanden) habe ich folgende in der Vorbereitung für diese Einheit verwendet** (mehrere möglich)

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| ☐ Keines | ☐ Zusatztexte |
| ☐ Applets | ☐ Links |
| ☐ Videos | ☐ Simulationen |

Den 2. Teil, auf der Rückseite, bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe... (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu	trifft völlig zu
die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde	☐	☐
den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten)	☐	☐
Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist die	☐	☐
die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen	☐	☐
Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü)	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich die Fragen der Betreuungsperson zu ... richtig beantworten, bzw. verstehe ich ...(falls es keine Fragen dazu gab)	trifft nicht zu trifft völlig zu					
Zweck und Aufbau der Schaltungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wie sich Spannung und Strom in den Schaltungen verhalten	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu trifft völlig zu					
Die Schaltungen richtig aufbauen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Experimente und Messungen durchführen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Volt-, und Amperemeter entsprechend der Versuchsanforderung richtig einbauen	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe... (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu						trifft völlig zu					
das Spektrometer aufbauen und Spektrum der Hg-Lampe sichtbar machen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Spektrallinien scharf durch das Fernrohr abbilden	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
die Richtungen der minimalen Ablenkung finden und die zugehörigen Winkel richtig bestimmen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich die Fragen der Betreuungsperson zu ... richtig beantworten, bzw. verstehe ich ...(falls es keine Fragen dazu gab)	trifft nicht zu trifft völlig zu					
Dotierung	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diffusionsvorgängen im Allgemeinen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aufbau von Dioden	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Zustandekommen und Funktion der Sperrschicht	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Funktion der Diode als Leiterelement	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

C. Fragebögen Testgruppe

(Anm: Da die Fragebögen der Kontrollgruppe und der Testgruppe sich nur durch die Items welche sich auf das Video Beziehen unterscheiden und diese bei allen Fragebögen Gleich sind wird hier nur einer der Fragebogen eingefügt)

Evaluation des physikalischen Anfängerpraktikums PW 11

Testgruppe WS2015

Bachelor Physik (BSc)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht Ihre Bewertung. Beantworten sie daher bitte die Fragen so ehrlich wie möglich!

Vielen Dank!

Diesen Teil bitte VOR der Praktikumseinheit ausfüllen

Geschlecht:	☐ männlich	☐ weiblich	☐ anders	Alter:	Studiensemester:
--------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------	-------------------------

Datum : _____

1.) Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich... (eines auswählen)

- ☐ (noch) nicht gelesen
- ☐ überflogen
- ☐ nur die wichtigen Teile aufmerksam gelesen
- ☐ vollständig und aufmerksam gelesen

2.) Auf die heutige Praktikumseinheit habe ich mich ... vorbereitet (eines auswählen)

- ☐ kaum
- ☐ so gut wie nötig um keine schlechte Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie nötig um eine gute Bewertung zu erhalten
- ☐ so gut wie möglich

3.) Von den auf der Praktikumshomepage verfügbaren Zusatzmaterialien (sofern vorhanden) habe ich folgende in der Vorbereitung für diese Einheit verwendet (mehrere möglich)

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| ☐ Keines | ☐ Zusatztexte |
| ☐ Applets | ☐ Links |
| ☐ Videos | ☐ Simulationen |

Zum Inhalt des Videos	trifft nicht zu	trifft völlig zu
Das Video war mir zu schnell	☐	☐
Das Video hat die Inhalte verständlich vermittelt	☐	☐
Ich habe das Video aufmerksam angesehen	☐	☐
Das Video hat mir gefallen	☐	☐

Den 2. Teil, auf der Rückseite, bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Diesen Teil bitte NACH der Praktikumseinheit ausfüllen

Sie haben gerade die Praktikumseinheit absolviert. Bitte beantworten sie kurz die untenstehenden Fragen zu ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

Zum Video:	trifft nicht zu	trifft völlig zu
Ich halte das Video für eine sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Das Video hat mir, in Bezug auf die darin behandelten Inhalte (z.B. Handhabung d. Geräte; Verständnisfragen), in der heutigen Einheit mehr genutzt als die entsprechenden Kapitel im Anleitungstext.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Ich habe das Video, oder Teile des Videos, während der heutigen Einheit mehr als einmal angesehen.	NEIN ☐	JA ☐

(Anm: Das Video zählt zu den Vorbereitungsmaterialien)

Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe... (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu	trifft völlig zu
die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten)	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü)	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!

D. Storyboards

Logo und Titel des Videos
(selbes Intro wird für andere Videos auch verwendet)

PHYSIKALISCHES
ANFÄNGERPRAKTIKUM

GRUNDLAGEN DER ELEKTRODYNAMIK

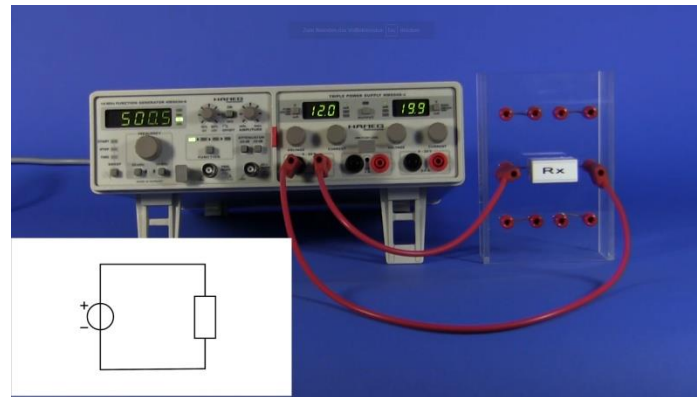


Dieses Video behandelt den Aufbau und die zugrundeliegenden physikalischen Gesetze von einfachen Stromkreisen.

TOTALE

Apparate werden gezeigt danach zugehörige
Schaltskizze einblenden

Schaltskizze und auf Screen vergrößern



Bei jedem experimentellen Aufbau in der
Elektrodynamik werden Sie mit Stromkreisen und

deren Schaltskizzen konfrontiert sein.

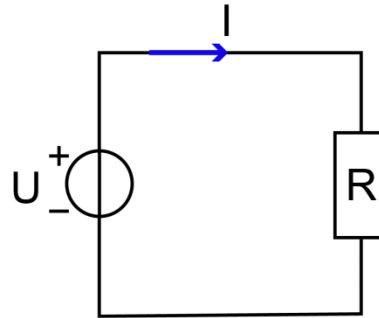
SKIZZE

Bei den Nennungen werden die einzelnen Teile hervorgehoben

Formelzeichen werden eingeblendet

Kabel/Oder Schalter werden getrennt und wieder verbunden

Formelzeichen bewegen sich und ergeben Ohm'sches Gesetz



Die einfachste Form eines elektrischen Stromkreises besteht aus einer Spannungsquelle, einem elektrischen Widerstand und den Verbindungsleitungen.

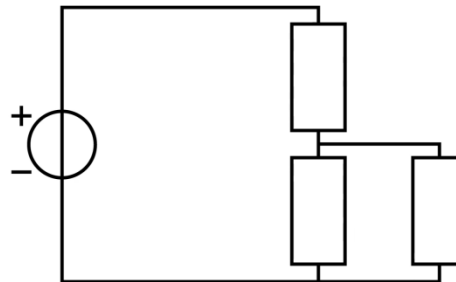
Wird der Verbraucher mit der Spannungsquelle verbunden, so fließt ein Strom I .

Ist die Stromstärke konstant, so ist der Verbraucher durch eine einzige Kenngröße, den Ohm'schen Widerstand R , bestimmt.

Dieser ist über das Ohm'sche Gesetz bestimmt mit I ist gleich U durch R und hat die SI-Einheit Ampere.

Die Leistung des Stromkreises ergibt sich durch P ist U mal I .

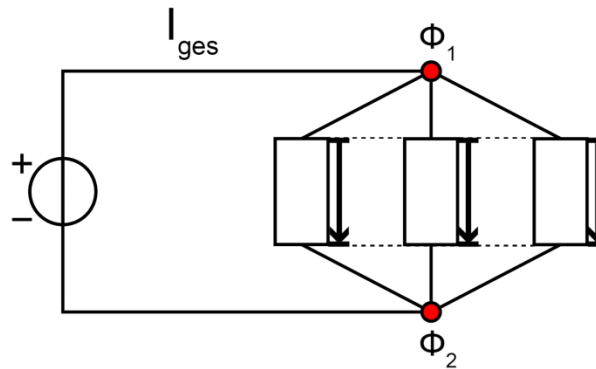
SKIZZE



Um nun die Ströme und Spannungen an verschiedenen Punkten von komplexeren Schaltkreisen zu berechnen, muss man zusätzlich die 2 Kirchhoff'schen Regeln verwenden.

SKIZZE

Erst werden die Knoten hervorgehoben und das Wort Knoten eingeblendet dann werden die Formelzeichen eingeblendet (mit Werten?) danach Plus und Minuszeichen bei den Worten einlaufend und auslaufend. Bei Stromrichtung wird der Kreispfeil eingeblendet



Die erste Kirchhoff'sche Regel, die Knotenregel, besagt, dass an jedem Punkt in einem Stromkreis die Summe der abfließenden und zufließenden Ströme Null betragen muss, da es sonst zu einem Ladungsstau kommen würde.

Dabei werden die einlaufenden Ströme positiv, die auslaufenden negativ bezeichnet.

Betrachtet man nun diese Schaltskizze drei parallel geschalteter Widerstände, gilt dies für jeden der Knotenpunkte.

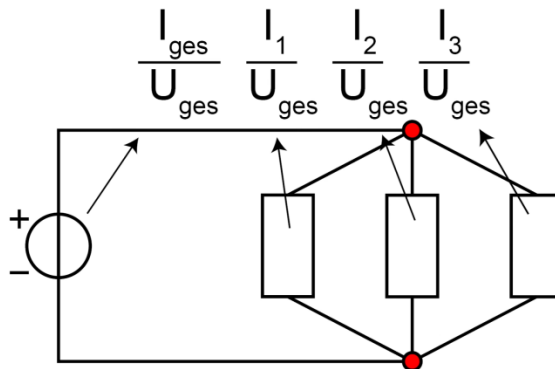
Um die Größe der einzelnen Ströme zu berechnen, macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass an allen Widerständen dieselbe Spannung anliegt, was bei dieser unüblichen Darstellung vielleicht besser ersichtlich ist.

SKIZZE

Formelzeichen werden eingeblendet

Formelzeichen bewegen sich zum oberen Rand und ergeben Stromgleichung

Stromgleichung bewegt sich und die I werden durch U/R ersetzt



Da die Einzelströme durch die Widerstände den Gesamtstrom ergeben müssen und an allen die gleiche Spannung anliegt,

lassen sich diese dank der Knotenregel addieren.

Die Widerstände lassen sich durch den Gesamt Widerstand ersetzen, welcher über den Leitwert berechnet wird.

SKIZZE



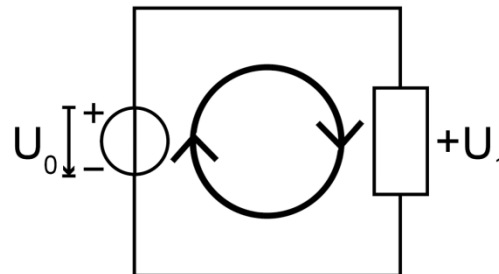
Oft wird missverständlich gesagt, dass die Stromrichtung vom Plus- zum Minuspol entgegen der physikalischen Stromrichtung in Elektronenleitern läuft. De facto geht es im Modell aber um den Ladungübertrag, welcher tatsächlich immer von Plus zu Minus erfolgt, da die Ladung am Pluspol abnimmt, und am Minuspol zunimmt, egal welches Vorzeichen und, damit verbunden, welche Bewegungsrichtung die Ladungsträger haben.

SKIZZE

Kreisfeil und das Wort „Masche“ werden eingeblendet

Pfeile von Plus nach Minus werden am Widerstand und an der Spannungsquelle eingeblendet

Widerstand wird von Ausgangstellung zur Spannungsquelle hinbewegt und die Pfeile werden nebeneinandergestellt



Das 2. Kirchhoff'sche Gesetz besagt, dass die Summe aller Spannungen innerhalb einer Masche eines geschlossenen Stromkreises gleich Null sein muss.

Wäre dies nicht so, würde ein Ladungsträger beim jedem Durchlauf desselben Kreises Energie aufnehmen und der Stromkreis so zum Perpetuum Mobile.

In einem Stromkreis markiert man die Spannung entlang der Stromrichtung mit einem positiven Vorzeichen, entgegen der Stromrichtung mit einem negativen.

Die Richtung der Spannung zeigt immer vom Plus- zum Minuspol.

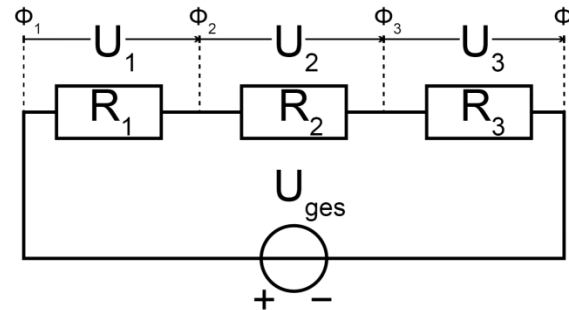
Betrachtet man dies bei dieser einfachen Schaltung, so bedeutet das, dass die Ladungsträger ihre gesamte Energie im Verbraucher abgeben.

Um die Maschenregel besser nachvollziehen zu können, kann man Schaltkreise auch auf folgende Weise darstellen, wodurch die Gegenrichtung der Spannung in der Quelle und an den Widerständen besser ersichtlich wird.

SKIZZE

Erst wird nur die Schaltung gezeigt danach die Formelzeichen U oberhalb danach die Formelzeichen I unterhalb

Spannungsgleichung wird vergrößert und mit den I zusammengefügt, danach durch die R ersetzt zu $R_1 + R_2 + R_3 = R_{\text{ges}}$



Dasselbe gilt für mehrere Widerstände.

Betrachtet man diese Schaltung von drei Widerständen in Serie so wird an jedem ein Teil der Spannung abfallen, sodass sie gemeinsam die Quellenspannung ergeben.

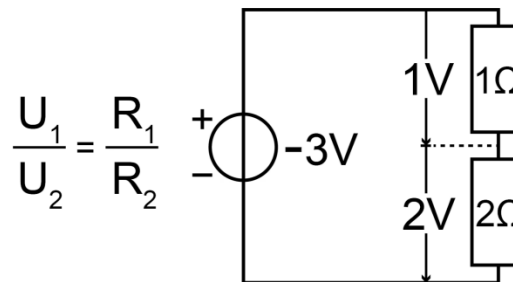
Da es keine Knotenpunkte gibt, fließt durch alle Widerstände der gleiche Strom, es liegen aber verschiedene Spannungen an.

Daher lässt sich das Ohm'sche Gesetz für diese Schaltung folgendermaßen umformen:

Man erkennt, dass der Gesamtwiderstand durch die Summe der Widerstände gegeben ist

SKIZZE

Formelzeichen bewegen sich sodass sie danach $U_1/U_2 = R_1/R_2$ ergeben



Betrachtet man nun z.B. 2 Widerstände, kann man mit derselben Umformung sehen,

dass sich die Spannungen im Verhältnis der Widerstände aufteilen.

Das bedeutet, dass an einem Widerstand genau so viel von der Gesamtspannung abfällt, wie er am Gesamtwiderstand beteiligt ist.

Dies sind grundlegende Regeln für alle Stromkreise.

TOTALE

Messgeräte liegen auf einem Tisch

Ausschnitt des Multimeters wird vergrößert und die A/V Anschlüsse hervorgehoben evtl mit umschalten auf jeweiligen Bereich



Um – zusätzlich zu den Berechnungen – Messungen durchzuführen, müssen Messgeräte verwendet werden.

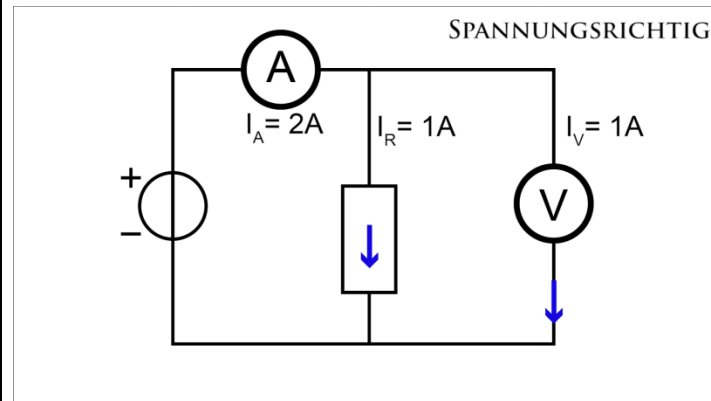
Je nachdem, ob Spannung oder Strom gemessen werden, spricht man von Voltmeter oder Amperemeter.

Heutzutage verwendet man fast ausschließlich sogenannte digitale Multimeter, die beides messen können.

SKIZZE

Die jeweiligen Formelzeichen werden hervorgehoben und die Worte Serie und Parallel eingeblendet

R_i und $-U_i$ werden am Amperemeter eingeblendet



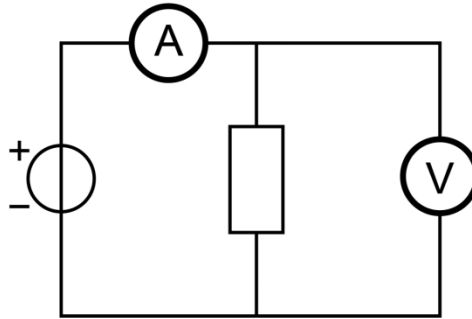
Da die Messgeräte Teil des Stromkreises sein müssen, beeinflussen bzw. verändern sie diesen unweigerlich, da durch sie immer auch Strom fließt bzw. eine Spannung abfällt.

Entsprechend der vorangegangenen Überlegungen zu Serien- und Parallelschaltung gilt die Regel, dass Amperemeter immer in Serie zum Widerstand geschaltet werden müssen und Voltmeter parallel.

Dies bedeutet für die Spannungsmessung, dass am Verbraucher und Voltmeter dieselbe Spannung anliegt, und für die Strommessung, dass durch den Verbraucher und das Amperemeter derselbe Strom fließt.

SKIZZE

Schaltskizze Spannungsrichtiger Schaltung wird gezeigt Voltmeter und Widerstand sind hier vertauscht

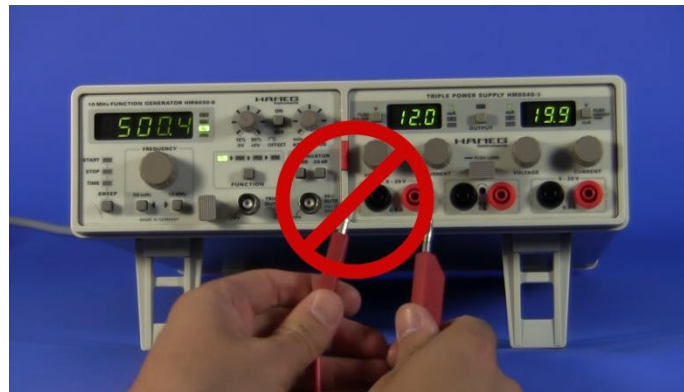


Gilt es nun eine Schaltskizze aufzubauen, sollten Sie folgende einfache Regeln beachten:

Für die Demonstration werden wir diese Schaltskizze nachbauen.

TOTALE

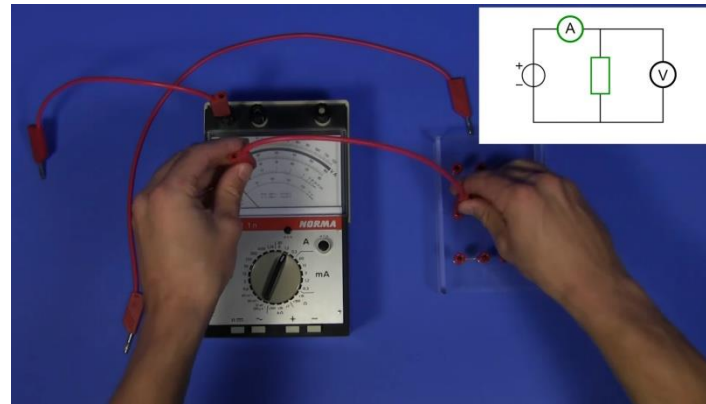
Spannungsquellen werden gezeigt Rotes Kreuz erscheint darüber



1. Die Spannungsquelle wird immer als letztes verbunden, nachdem die Schaltung überprüft wurde.

SKIZZE

ein Punkt führt den Stromkreis der Masche nach und jedes Bauteil wird Hervorgehoben wenn er dort ankommt

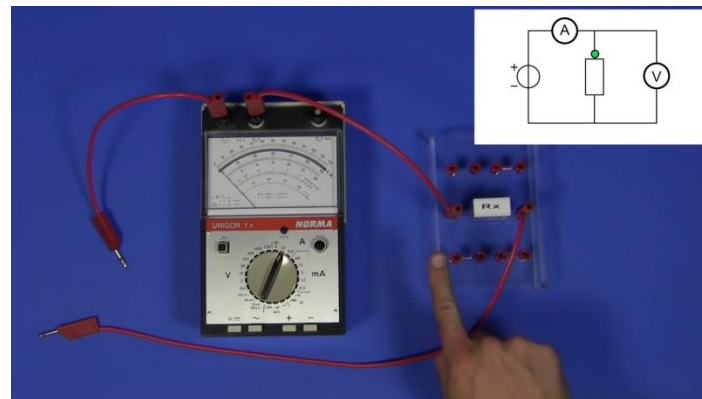


2. Fangen Sie damit an, alle Elemente zusammenzustecken, die in der Schaltskizze mit der Spannungsquelle in Serie geschaltet sind.

TOTALE

Steckdose wird mit Rotem Kreuz bedeckt eine Hand fährt den Stromkreis mit dem Finger nach.

Evlt Bild in Bild Animation von vorher



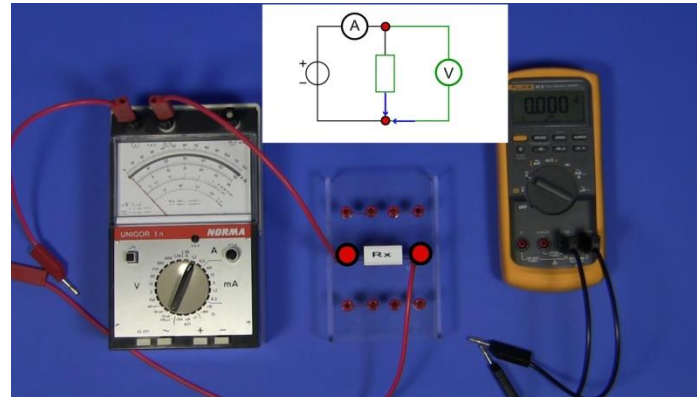
Der Weg des Stromes sollte innerhalb dieser Masche vom Plus zum Minuspol entlang aller Elemente mit einem Finger nachvollzogen werden können.

Würden Sie auf einen Knotenpunkt treffen, hätten Sie ein Element parallel geschaltet.

SKIZZE

Die andern Maschen werden eine nach der anderen in verschiedenen Farben hervorgehoben

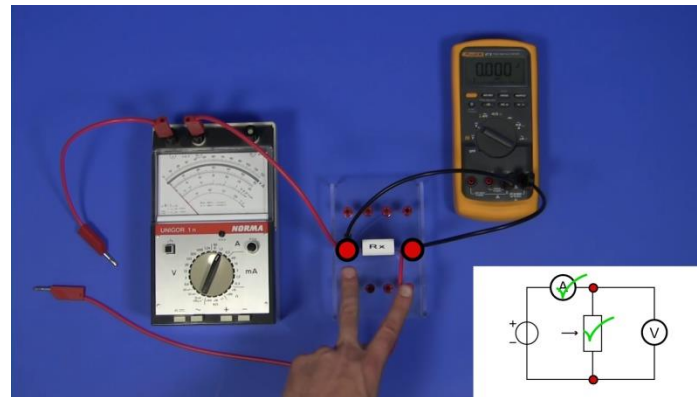
Schaltsskizze wird auf Ausschnitt verkleinert Kabel der Geräte haben selbe Farbe wie Hervorhebungen in Skizze. Pfeil zeigt jeweils beim Anstecken auf die Masche in der Skizze



3. Fahren Sie nun mit den parallel geschalteten Maschen fort. Für den korrekten Einbau eines parallel geschalteten Elements brauchen Sie 2 Knoten. Einen, an dem sich der Gesamtstrom in 2 Teilströme aufteilt und einen zweiten, an die beiden Teilströme wieder zum Gesamtstrom zusammengeführt werden. Als Kontrolle können Sie 2 Finger einer Hand z. B. Daumen und Zeigefinger verwenden, mit denen Sie die beiden Knotenpunkte markieren und sich dabei immer die Frage stellen: „Zu welchem Bauteil möchte ich meine Masche parallel schalten?“.

TOTALE

Hand fährt Stromkreis nach gleichzeitig Punkt auf Skizze erreicht der Punkt und die Hand dasselbe Gerät erscheint ein Häkchen beim Gerät und es wird auf der Skizze hervorgehoben

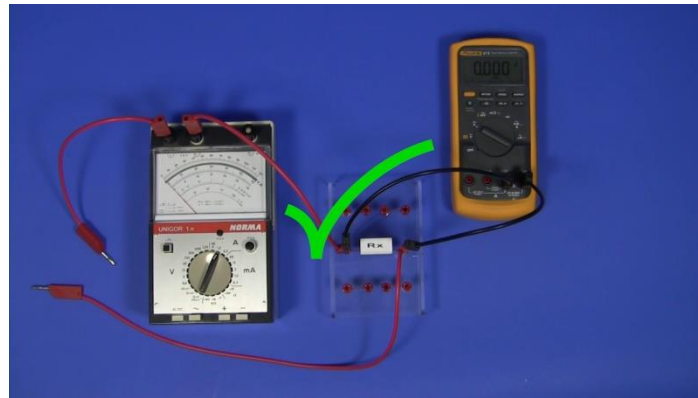


4. Haben Sie so alle Maschen nachgebaut, überprüfen Sie den Stromkreis nochmal, indem Sie die verschiedenen Äste mit dem Finger in Stromrichtung abfahren und anhand der Skizze überprüfen, ob Sie auf die richtigen Geräte treffen.

TOTALE

Evtl. Person kontrolliert Aufbau

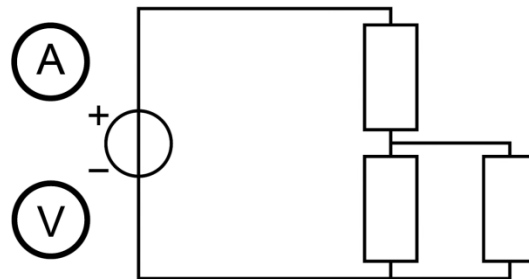
Stromkreis wird mit Spannungsquelle verbunden



5. Haben Sie den Stromkreis überprüft, lassen Sie vor allem anfangs Ihren Schaltungsaufbau von einer Betreuungsperson kontrollieren. Danach können Sie die Spannungsquelle verbinden und die Messungen durchführen

SKIZZE

Schaltskizze wird gezeigt darüber Symbole für Amperemeter und Voltmeter. Amperemeter wird vor und/oder nach dem hervorgehobenen Widerstand bewegt



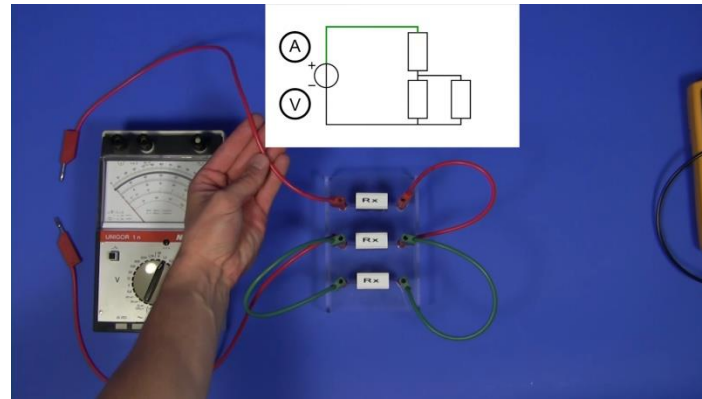
In vielen Aufbauten wird nicht durch die Schaltskizze vorgegeben sein, wo Sie die Strom und Spannungsmessgeräte schalten müssen. Je nach Aufgabenstellung können die Geräte an verschiedenen Orten verbaut werden. Dabei gilt:

TOTALE

Skizze wird verkleinert und Aufbau gezeigt

In der Skizze wird ein Leiterelement hervorgehoben beim Aufbau mit Pfeil oder Finger darauf gezeigt.

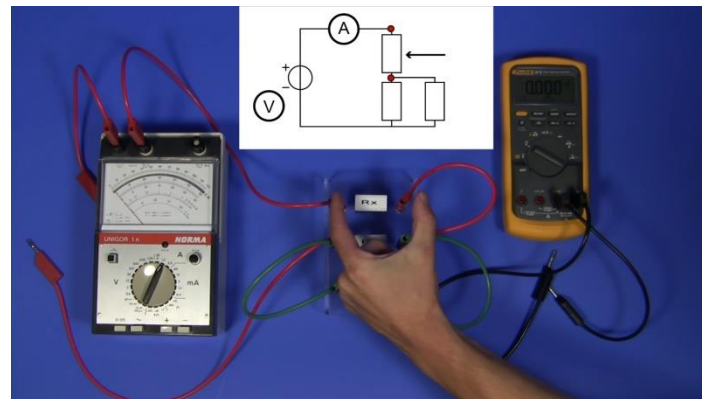
Danach wird das Kabel entfernt und das Amperemeter eingebaut. Gleichzeitig bewegt sich das Amperemetersymbol in der Skizze an den richtigen Ort



Wollen Sie den Strom durch ein Bauteil messen, so unterbrechen Sie ein Leiterelement direkt vor oder nach dem Bauteil und bauen dort das Amperemeter ein.

TOTALE

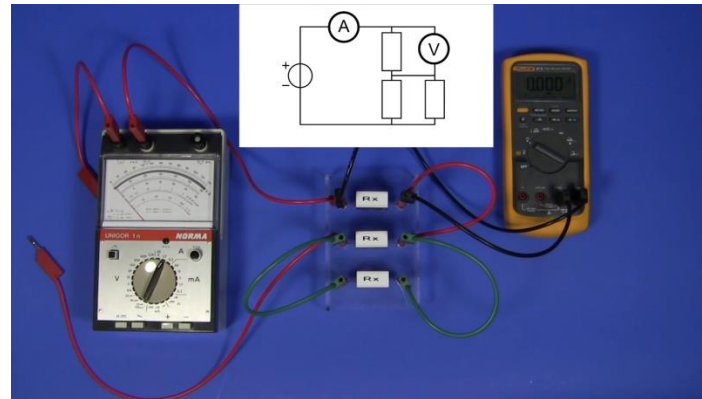
In der Skizze wird ein Widerstand hervorgehoben im Aufbau Zeigt eine Hand mit Zeigefinger und Daumen den zugehörigen Widerstand



Wollen Sie die Spannung eines Bauteils messen, nehmen Sie einfach Daumen und Zeigefinger einer Hand zu Hilfe und halten Sie diese vor und nach dem Bauteil:

TOTALE

Voltmeter wird dort angesteckt gleichzeitig bewegt sich das Voltmetersymbol in der Skizze an den richtigen Ort. Evtl danach mit 2 Zeigefingern die Stromrichtige Schaltung gezeigt und das Voltmeter umgesteckt



Dort müssen Sie das Voltmeter parallel schalten.

Achten Sie gegebenen Falls wieder auf strom- oder spannungsrichtige Messung!

Diese Regeln sollten Sie für alle Experimente mit elektrischen Messgeräten in der Zukunft befolgen.

ENDMENÜ

KNOTENREGEL

RICHTIGES VORGEHEN BEIM SCHALTUNGSBAU

MASCHENREGEL

EINBAU VON MESSGERÄTEN

MESSSCHALTUNG THEORIE

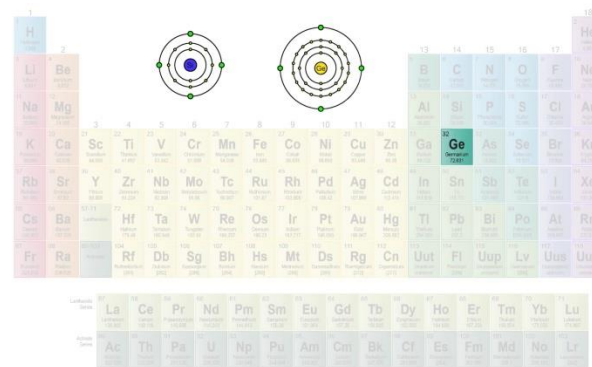
MUSIC BY DJANGO REINHARDT © 2015 Silas Oppermann

[Musik]

SKIZZE

Spalte der 5. Hauptgruppe wird hervorgehoben

Danach Si und Ge; von Si wird das Schalenmodell eingeblendet



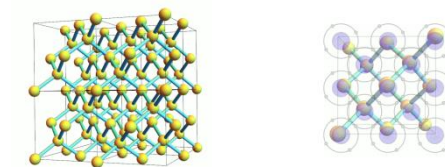
Halbleiter sind chemische Elemente die sich dadurch auszeichnen, dass sie Strom besser leiten als Isolatoren und schlechter als Metalle.

Die wichtigsten Vertreter der Halbleiter sind Silizium und Germanium.

Beide sind 4-wertig was bedeutet dass sie 4 bindungsfähige Elektronen in der äußersten Elektronenschale besitzen.

SKIZZE

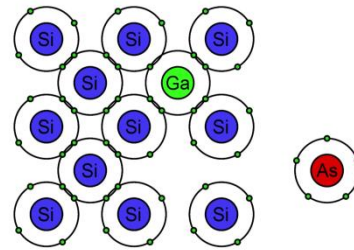
3-D Diamantstruktur wird rotiert dann auf Einheitszelle reduziert welche in Seitansicht zu schematischer Darstellung überblendet



Ein reiner Siliziumkristall hat eine kubisch-flächenzentrierte Struktur, dieselbe wie Diamant. Dies ist die Struktur mit den höchsten Symmetrieeigenschaften überhaupt. Hier sehen sie die dreidimensionale Struktur einer Einheitszelle dieses Kristalls. Betrachtet man diese Zelle von der Seite ergibt sich eine Ansicht in der man gut sehen kann wie jedes Atom mit vier Nachbarn in Bindung ist. Diese schematische 2-D Darstellung werden wir von nun an verwenden um die Vorgänge in Halbleitern zu beschreiben.

SKIZZE

Si Atome werden durch As oder Ga ersetzt



Besonders ist bei Halbleitern auch, dass sich ihre Leitfähigkeit stark erhöht, wenn man einige Atome der Kristallstruktur durch bestimmte andere ersetzt. Dies nennt man auch missverständlicher Weise „Verunreinigung“ da es sich danach nicht mehr um einen reinen Silizium-Einkristall handelt. Gängiger ist die Bezeichnung „dotieren“ also generell das Einbringen von Fremdstoffen.

SKIZZE

3. und 5. Hauptgruppe werden hervorgehoben danach jeweils Ga und As von denen das auf Valenzelektronen vereinfachte Modell eingeblendet wird; Loch und 5. Elektron werden hervorgehoben

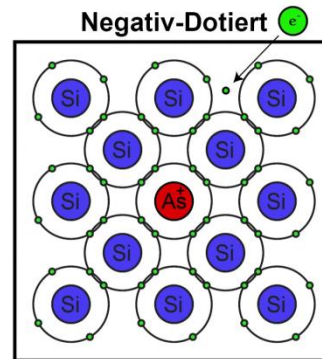
Das Periodensystem zeigt die Hauptgruppen 3 und 5 hervorgehoben. Über dem System sind die Atome Gallium (Ga) und Arsen (As) mit ihren Valenzelektronen dargestellt. Ga hat 3 Valenzelektronen (zwei grüne Punkte, ein roter Punkt), As hat 5 Valenzelektronen (zwei grüne Punkte, drei rote Punkte). Die Hauptgruppen 3 und 5 sind ebenfalls hervorgehoben.

Diese Fremdstoffe sind in der Regel Elemente der 3. oder 5. Hauptgruppe des Periodensystems. Diese haben 3 oder 5 Valenzelektronen

also für die Bindung zu 4 Siliziumatom-Nachbarn eines zu viel oder eines zu wenig. Für unsere Beispiele verwendet wird Gallium und Arsen.

SKIZZE

Elektron bewegt sich bei As wird ein + eingeblendet danach kommt der Verbundrahmen und die Gleichung oben



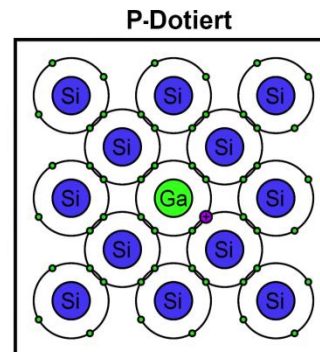
Im Falle der 5-Wertigen wird das 5. Elektron, da es sich nicht in einer Bindung befindet, nur durch die Coulombkraft am Atomrumpf gehalten und kann sehr leicht abgelöst werden um sich zu bewegen und somit Strom zu leiten. Die Dotierungsstelle wird dabei ionisiert und ist somit lokal positiv geladen.

Solange das abgelöste 5. Elektron aber den Materieverband nicht verlässt ist dieser als Ganzes gesehen neutral geladen da er, bezogen auf alle Atome zusammen, immer noch gleichviele Protonen wie Elektronen enthält.

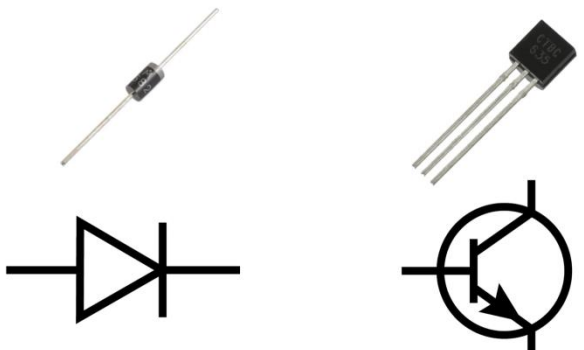
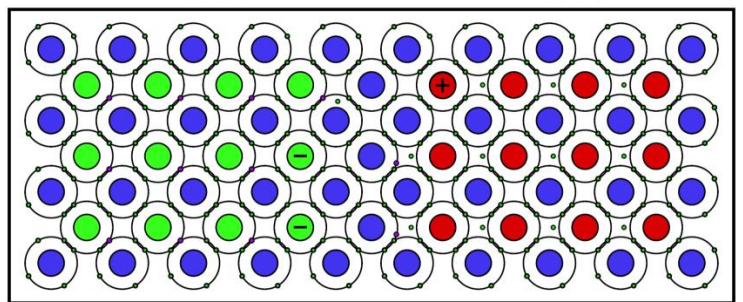
Diese mit 5-Wertigen Elementen dotierten Halbleiter nennt man n-dotiert da der Ladungstransport durch Elektronen, also negative Ladungsträger geschieht.

SKIZZE

Elektron wechselt mit Loch Platz, bei den Worten „wie positive Ladungsträger“ wird beim Loch ein + eingeblendet



Wird ein Halbleiter umgekehrt mit einem 3-wertigen Element dotiert so befindet sich ein Elektron eines Siliziumatom-Nachbars nicht in Bindung. Es besteht also ein „Elektronenloch“ im Materieverband. Im engeren Sinn bewegen sich Elektronen von Nachbaratomen in diese Löcher und hinterlassen dort wo sie herkommen wiederum ein Loch. Dadurch wird das Galliumatom negativ geladen und das Silizium positiv. Im physikalischen Modell werden allerdings die Löcher als die beweglichen Objekte gesehen da es von ihnen viel weniger gibt und sie sich, wie Sie sehen, in jeder Eigenschaft so verhalten wie positive Ladungsträger. Daher heißen mit 3-wertigen Elementen dotierte Halbleiter P-dotierte Halbleiter.

TOTALE Verschiedene Dioden und Transistoren werden gezeigt	 The image shows a physical diode and a physical transistor above their respective circuit symbols. The diode symbol is a triangle pointing right with a vertical line across it. The transistor symbol is a circle with an arrow pointing outwards and a line across it.	Halbleiter gehören zu den wichtigsten Grundbausteinen aller elektrischen Geräte. Aus ihnen werden Dioden und Transistoren gebaut.
SKIZZE P und N Halbleiter bewegen sich zueinander danach wechseln einige Elektronen und Löcher zum jeweils anderen	 The diagram shows a grid of circles representing atoms. The left half is labeled 'P-Dotiert' and contains blue circles with minus signs, representing acceptor atoms. The right half is labeled 'N-Dotiert' and contains red circles with plus signs, representing donor atoms. Small green dots represent electrons, and small black dots represent holes. Arrows indicate the movement of these charge carriers across the junction.	Dioden bestehen aus einem N-, und einem P-dotierten Halbleiter die miteinander in Kontakt gebracht werden. Da zwischen den Elementen ein Konzentrationsunterschied an Leitungselektronen und Elektronenlöchern besteht diffundieren diese zum jeweils anderen Halbleitermaterial.

TOTALE

Tropfen Tinte in Wasser Zeitraffer auf Konzentrationsausgleich

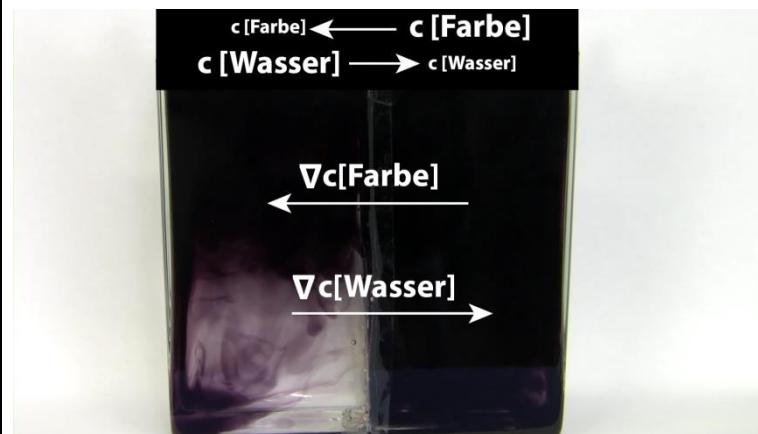
5X ZEITRAFFER



An diesem Punkt werden wir das Prinzip der Diffusion mit einem Exkurs in die Biologie kurz näher erklären. (Der Begriff Diffusion ist Ihnen vielleicht aus Chemie, oder in Verbindung mit Osmose, aus der Biologie bekannt.) Wann immer zwei Stoffe miteinander in Kontakt gebracht werden die unterschiedlich hohe Konzentrationen von einem ihrer Stoffteile aufweisen wird sich dieser Konzentrationsunterschied ausgleichen, sofern eine gewisse Beweglichkeit dieser Teile gegeben ist.

TOTALE

Seitansicht über Top-Down
Auf einer Seite wird Farbiges Wasser gezeigt
Zeitraffer zu Konzentrationsausgleich
Gleichungen werden zum passenden Zeitpunkt eingeblendet

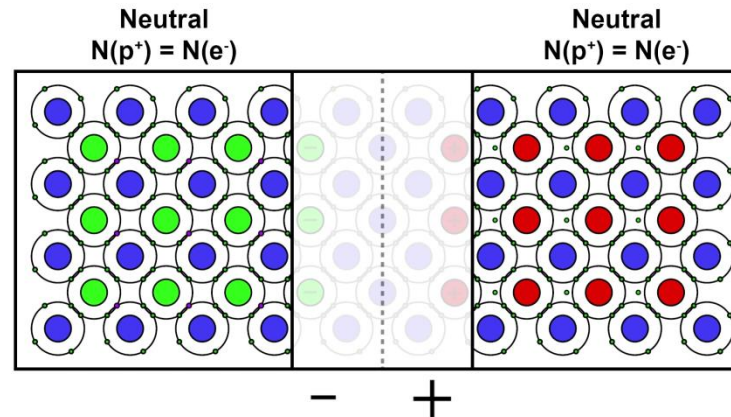


Die Bewegung der Teilchen vom einen Stoff in den anderen nennt man Diffusion. Sie findet entlang des Konzentrationsgradienten also von der hohen zur niedrigen Konzentration statt und wird vom Diffusionsdruck bzw. dem chemischen Potential angetrieben. Ursache dafür ist die ungeordnete thermische Bewegung von Teilchen die makroskopisch auch als Brown'sche Bewegung erkannt.

In vielen praktischen Anwendungen dieses Prinzips gibt es zwischen diesen beiden Stoffen eine klar definierte Grenzschicht oder Membran die auch nachdem die Konzentrationen ausgeglichen sind bestehen bleibt.

SKIZZE

Gleichungen werden über Grenzschicht eingeblendet
Elektronen bewegen sich zu P-Halbleiter, gleichzeitig erscheinen Plus und Minus über Grenzschicht und Gleichungen werden zu Ungleichungen



Im Falle der Halbleiterdioden besteht wie gesagt ein Konzentrationsunterschied an Leitungselektronen pro Stoffmenge. Daher diffundieren die Leitungselektronen des n-dotierten Halbleiters durch die Grenzschicht in den p-dotierten Halbleiter. Dort rekombinieren sie mit den Löchern hinter der Grenzschichte. Die Halbleiter welche vorher neutral geladen waren weil sie, alle Atome zusammen gesehen, gleichviele Protonen wie Elektronen hatten, werden dadurch dort, wo die Elektronen wegdifundierten positiv, und dort wo sie hin diffundieren negativ geladen.

SKIZZE

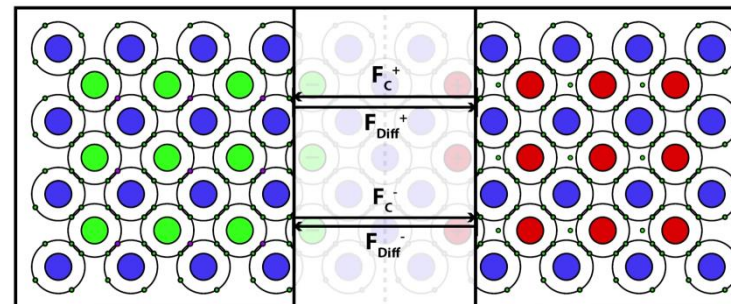
Bei As und Ga sind in Grenzschicht + und – eingeblendet worden

Über Grenzschicht entsteht Pfeil und Spannungszeichen

Unterhalb werden am Anfang Gleichungen eingeblendet

Elektron bewegt sich durch Grenzschicht, U und Pfeil vergrößern sich Nettokraft wird gezeigt

Elektron bewegt sich zurück

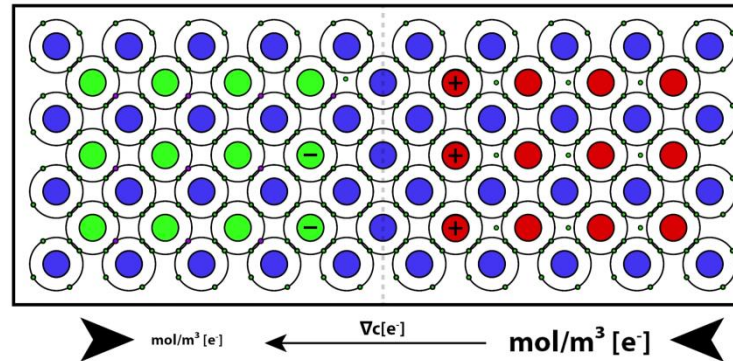


Der Rest der Diode ist nach wie vor neutral/ungeladen. Da die diffundierenden Teilchen in diesem Fall aber eine Ladung tragen entsteht dadurch, wie man sehen kann, ein Ladungsunterschied an der Grenzschicht welcher eine elektrische Spannung erzeugt. Diese Spannung ist im Gleichgewicht genau so groß, dass die daraus resultierende Coulombkräfte die Diffusionsdrücke welchen sie entgegengerichtet sind gerade kompensiert. Würde ein weiteres Elektron durch ungerichtete thermische Bewegung von der n-Schichte in die p-Schichte diffundieren, wird dafür ein anderes auf Grund der elektrischen Spannung in die n-Schichte zurück beschleunigt. Das Gleichgewicht bleibt somit stabil. In dieser Grenzschicht befinden sich nun alle Leitungselektronen in schwachen Bindungen mit den Löchern, sind daher nicht frei beweglich und können daher keinen Strom leiten. Die Grenzschicht wirkt also isolierend.

SKIZZE

Vorgang wird nochmal kurz gezeigt

2.

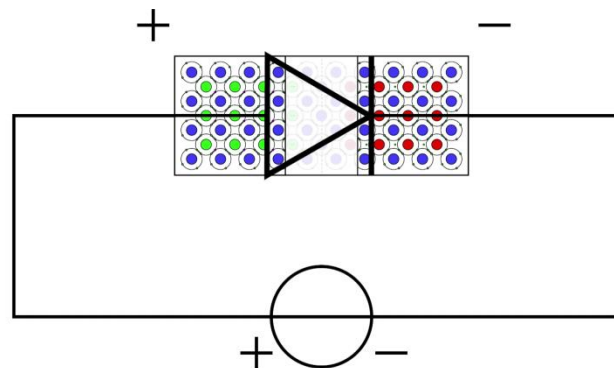


Hier nochmal der Vorgang Schritt für Schritt:

1. Materialien neutraler Ladung und unterschiedlicher Konzentration freier Ladungsträger werden in Kontakt gebracht.
2. Es besteht ein chemisches und kein elektrisches Potential.
3. Die Ladungsträger diffundieren um den Konzentrationsunterschied auszugleichen.
4. Das chemische Potential sinkt, aber nur sehr, sehr wenig, das elektrische Potential in Gegenrichtung steigt durch den Ladungstransport der gleichzeitig mit der Diffusion stattfindet, weil die diffundierenden Teilchen in diesem Fall eben auch eine elektrische Netto-Ladung tragen.
5. Das elektrische Potential gleicht das chemische genau aus und es stellt sich ein stabiler Zustand ein.

SKIZZE

Pfeil bewegt sich in Stromrichtung
I wird eingeblendet mit dem Wort
„Durchlassrichtung“

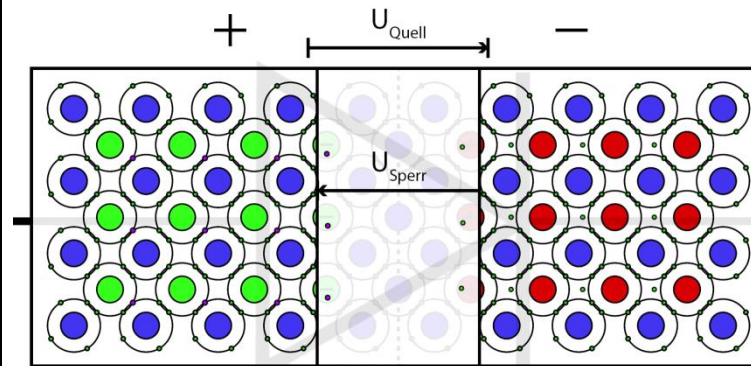


Wird nun eine Diode als Leiterelement in einen Stromkreis eingebaut lässt sie Strom nur in eine Richtung, die sogenannte Durchlassrichtung, durch. Dafür muss der P-dotierte Teil mit dem positiven, und der N Teil mit dem negativen Spannungsterminal verbunden werden.

SKIZZE

Spannung innen und aussen werden gegeneinander aufgetragen

Grenzschichtlinien bewegen sich aufeinander zu
Spannungswert wird eingeblendet



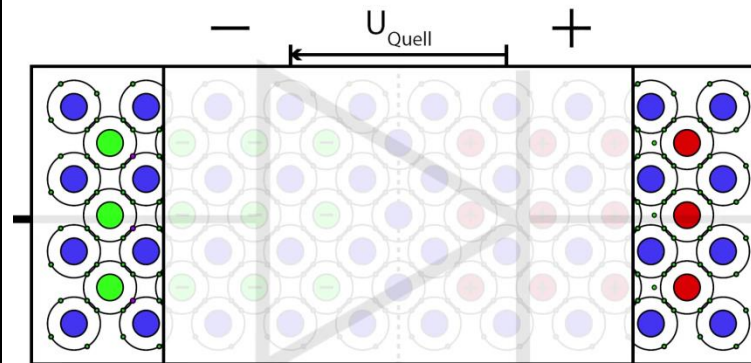
Ist dies der Fall wirkt die angelegte Spannung der inneren Spannung der Grenzschicht entgegen. Dies bewirkt, dass sich die Sperrschicht entsprechend verdünnt weil Elektronen und Löcher in die Sperrschicht hineingerückt werden. Da auf beiden Seiten genügend freie Ladungsträger vorhanden sind fließt nun Strom durch die Diode. Die Stromstärke nimmt dabei exponentiell mit der angelegten Spannung zu. Je nach Diode ist die innere Spannung verschieden, in der Regel ist sie jedoch nicht größer als 1-2 Volt.

SKIZZE

Spannung innen und aussen werden gegeneinander aufgetragen

Grenzschichtlinien bewegen sich voneinander Weg

Evtl animation der Stoßionisation

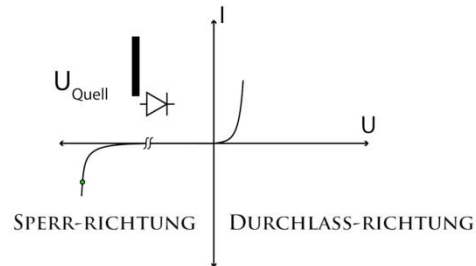


Legt man die Spannung umgekehrt an, so wirken äußere und innere Spannung in die gleiche Richtung und die Sperrschicht verbreitert sich. Es wird mit Ausnahme des temperaturabhängigen Sperrstromes kein Strom geleitet. Näheres darüber entnehmen sie dem Praktikumsleitfaden. Die Sperrschicht verbreitert sich mit Erhöhung der angelegten Spannung aber nur bis zu einem gewissen Punkt. Wird die Spannung in Sperrrichtung zu groß haben die Leitungselektronen genug Energie um durch Stöße die Elektronen in der Sperrschicht aus ihren Bindungen zu schlagen. Diese schlagen wiederum andere aus ihren Bindungen und es kommt zu einem Schneeballeffekt.

SKIZZE

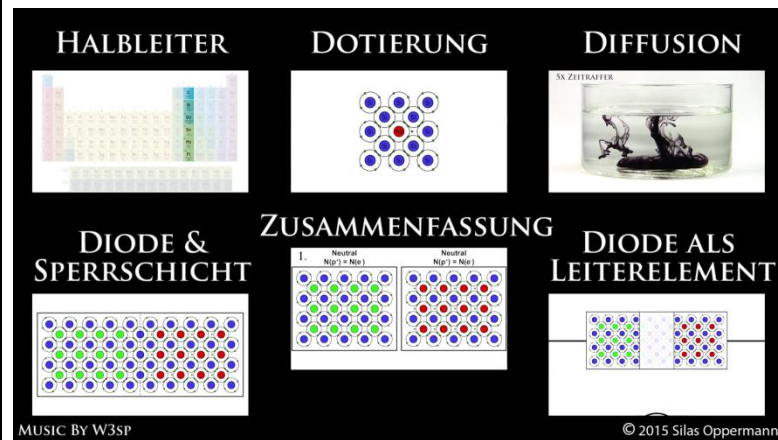
Punkt folgt kurve Formelzeichen vergrößern sich aber I viel mehr als U beim exponentiellen Anstieg

V und kV werden bei den Beiden Enden eingeblendet



Die Diode fängt mit steigender Spannung auch hier an exponentiell mehr Strom zu leiten. Man spricht davon, dass die Diode durchbricht. Die dafür nötige Spannung ist aber um einige Größenordnungen größer als in Durchlassrichtung. (Bei Zenerdioden ist diese Spannung im Gegensatz zu anderen Diodentypen sehr genau spezifiziert.) Wird in beide Richtungen eine gewisse Spannung überschritten leitet die Diode extrem viel Strom (Bsp 0.7 V-1 V-> 3000A) und wird (meistens) thermisch zerstört. Daher muss immer ein Vorwiderstand eingebaut werden.

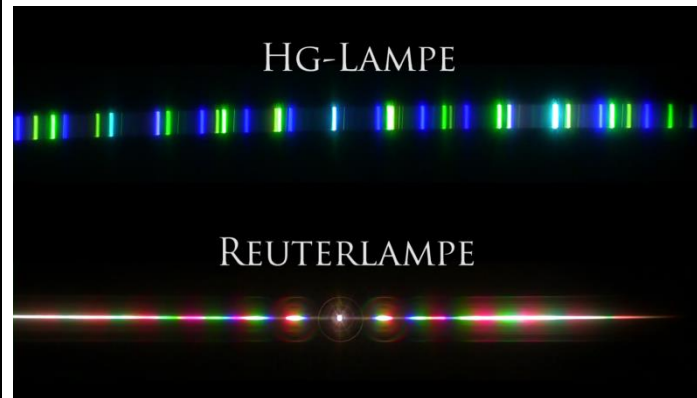
„DVD“-Menü mit Anklickbaren Links zu den einzelnen Abschnitten



[Musik]

Totale + Skizze

Hg Lampe wird gezeigt. Evtl Einblendung der Energieniveaus oder Spektrallinien im Vergleich zu weißem Licht.

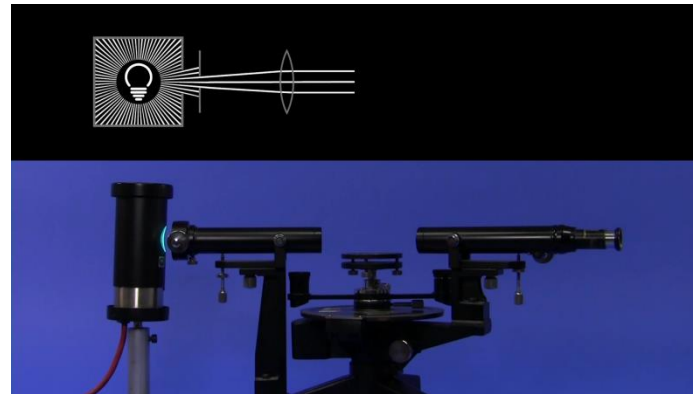


Dieses Video behandelt grundlegende Vorgehensweisen bei optischen Experimenten anhand des Prismenspektrometers. Bei dieser Demonstration dient als Strahlungsquelle eine Quecksilberdampfampe

welche polychromatisches diskreter Energieniveaus ausstrahlt

Skizze

Zuerst zeigen auf Öffnung in Real dann Skizze
Punktförmige Quelle mit Kaste wie
besprochen. Dann Spalt dann Linse alles in
Skizze oder Bild in Bild mit echten Teilen



Von dieser punktförmigen Strahlungsquelle wird
zunächst durch eine Kreisöffnung ein Teil
abgegriffen. Die Strahlen sind noch nicht parallel
weshalb sie durch einen Kollimator bestehend aus
einem Spalt und einer Konvexlinse in ein
paralleles Strahlenbündel umgewandelt werden.

Totale Seitlich

Verstellbarkeit der Teile wird gezeigt. Blatt
Papier wird dazugehalten.



Hierbei werden Sie bereits die ersten Justierungen
vornehmen müssen damit ein paralleles
Lichtbündel erzeugt werden kann. Dafür werden
Sie eine der einfachsten und zugleich
praktischsten Justierhilfen bei optischen
Experimenten verwenden: ein Blatt weißes Papier.

Totale seitlich

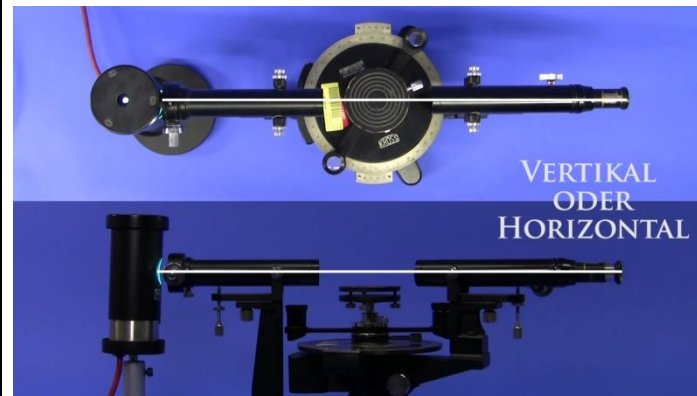
Laser wird zunächst ohne Dampf gezeigt dann wird Dampf erzeugt um den Strahl sichtbar zu machen. Sobald der Dampf verschwindet wird ein Blatt Papier in den Strahlengang gehalten.



In dieser Demonstration wird der Nachvollziehbarkeit halber immer wieder auch ein Laser verwendet und die Luft mit Mikropartikeln angereichert. In der Regel ist der Strahl natürlich nicht sichtbar. Verwenden sie also immer wieder das Blatt Papier um ihn an verschiedenen Stellen des Aufbaus sichtbar zu machen.

Top Down zu Totale Seitlich

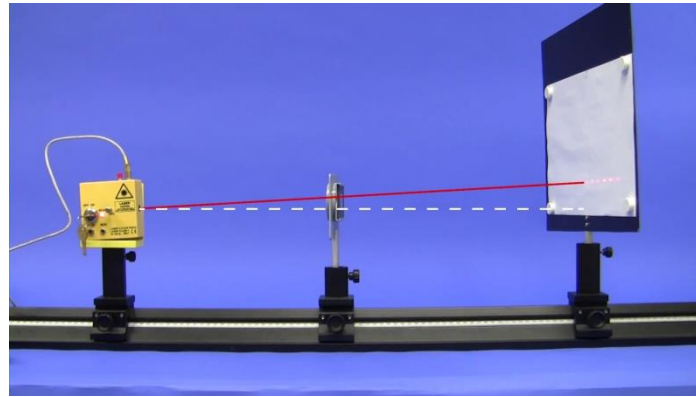
Seitansicht von Spektrometer weiße Linie Zeigt Ebene an Farbige Linie Strahl. Alternativ wird Laser von oben gezeigt mit Prisma danach Strahl aus Seitenansicht in einer Ebene.



Damit die Ergebnisse eines Optischen Experiments gut abgebildet werden können ist es sinnvoll (wichtig?), dass der Strahlengang von der Quelle bis zum Messinstrument in einer Ebene liegt.

Totale Seitlich

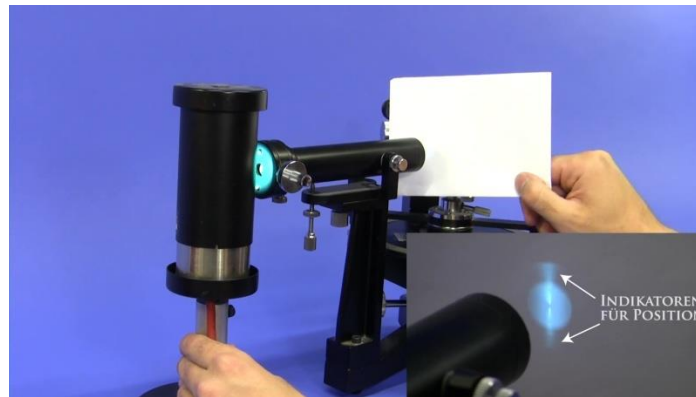
Linearer Aufbau mit Reitern wird gezeigt
Ebenfalls entweder mit Laser oder
eingebündelten Linien wird Ebene und
tatsächlicher Strahlengang gezeigt. Evtl. mit
falschem Beginnen uns justieren bis richtig –
> Hakerl einblenden



Dies gilt sowohl bei Prismenspektrometer als
auch bei jedem Experiment mit linearem Aufbau
wie zum Beispiel diesem hier.

Bild in Bild

Totale Zeigt Lampe hinter Kollimator
In Bild ->Close up Zeigt Kärtchen und wie
sich das Licht verändert
Oder nur Totale in Strahlrichtung



Die Quelle und die Kollimatoroptik müssen also so
aufeinander ausgerichtet werden, dass das Licht
möglichst geradlinig und Zentriert durchläuft.
Bringen sie dafür die Quelle hinter dem Spalt in
Stellung und überprüfen mit einem Blatt Papier
den Strahl direkt nach dem Kollimator. Ändern Sie
die Position der Quelle bis sie den spaltförmigen
Strahl auf dem Blatt gut erkennen können. Dafür
kann es nötig sein die Spaltbreite ein wenig zu
verstellen. Grundsätzlich ist es fürs justieren
besser den Spalt breiter einzustellen und für das
Ablesen so klein wie möglich.

Close up der Skala



Als nächstes muss die Gonimeterskala auf den unabgelenkten Strahl eingestellt und justiert werden.

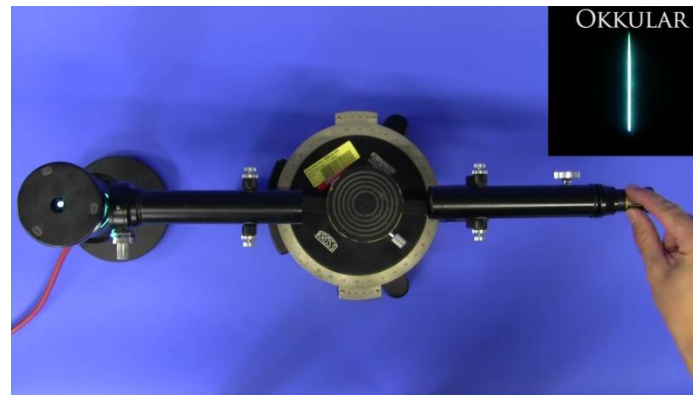
Totale

Blatt Papier wird gegenüber Kollimator gehalten Fernrohr wird in Stellung gebracht

Bild in Bild zeigt was in Fernrohr gesehen wird

Top Down

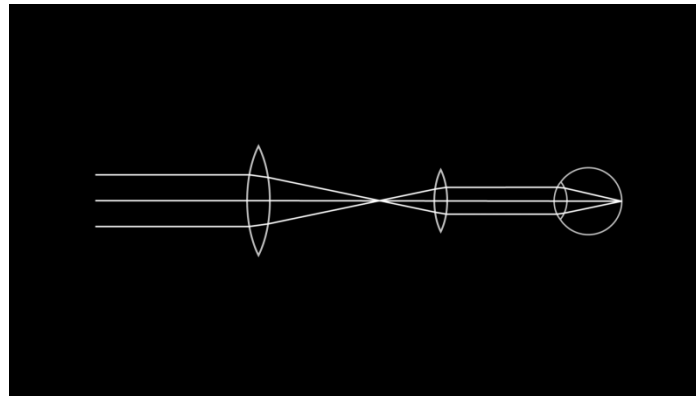
Evtl einblenden des Strahlenganges mit Brechung an Linsen und die Bildebene



Bringen sie das Fernrohr gegenüber der Quelle in Stellung und suchen sie die Abbildung des Spaltes durch das Okkular.

SKIZZE

Schematisch wird der Strahlengang durch die Linsen ins Auge dargestellt.



Durch die Linsen in der Fernrohr Optik aus dem parallelen Strahl ein Virtuelles Bild erzeugt welches erst durch die Linse in ihrem Auge auf der Netzhaut ein reelles Bild des Spaltes abbildet.

Totale von seitlich hinten
Spalt wird scharfgestellt



Haben sie den Spalt gefunden stellen sie ihn so klein wie möglich um einen Möglichst genauen richtungswert bestimmen zu können. Es kann auch notwendig sein das Fernrohr scharfzustellen indem sie den Abstand zwischen den Linsen verstellen. Ausserdem werden sie ihren Blick abwechselnd auf den Spalt und das Fadenkreuz fokussieren müssen da sie nur eines der Objekte gleichzeitig scharf sehen können.

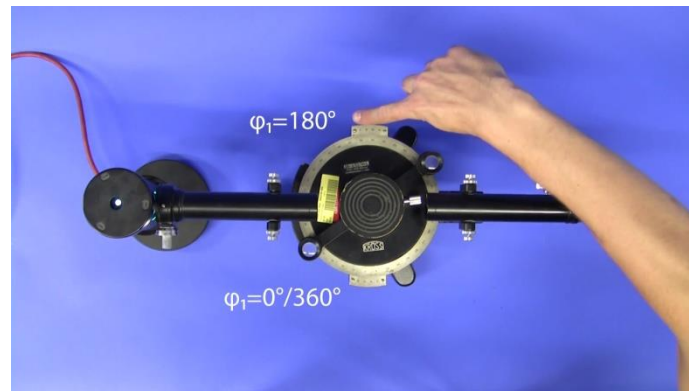
Close up der Stellschraube



Haben sie das Fadenkreuz auf den Spalt eingestellt arretieren sie das Fernrohr mit der Stellschraube

Top Down

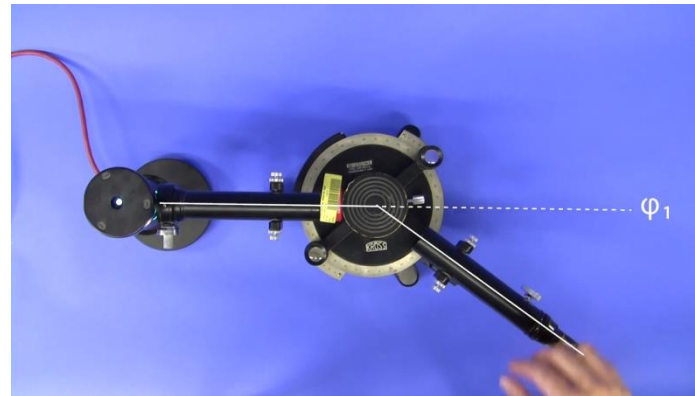
Close up der Winkelskala zu Totale bei der die Striche bei den Markierungen eingeblendet werden mit den Ziffern 0 und 180



und justieren die bewegliche Winkelskala so, dass das Fernrohr in dieser Richtung auf der Markierung 0 bzw 180 Grad auf der anderen Seite steht und arretieren sie die Skala ebenfalls.

Top Down

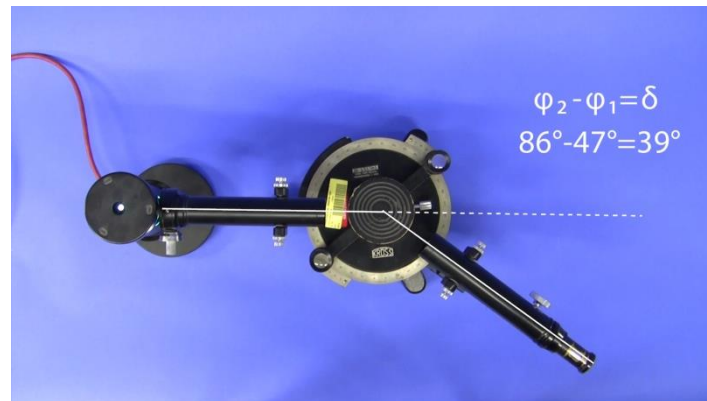
Fernrohr wird geschwenkt zweite Linie Zeigt Winkel = zweiter minus erstem Wert in Formelzeichen



Beachten sie, dass dieser Wert für sich noch kein Winkel sondern nur eine Richtung ist. Den Winkel zu dieser Richtung erhalten sie bei der später durchzuführenden 2. Richtungsmessung.

Top Down

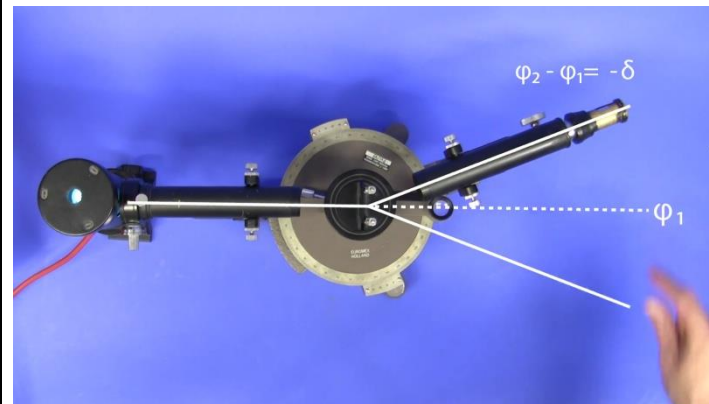
Verschiedene Möglichkeiten denselben Winkel zu berechnen werden eingeblendet



Der Winkel ist stets die Differenz aus 2 Richtungsmessungen. Das justieren auf Null erleichtert nur das Ablesen der Messungen es wäre jedoch auch ein beliebiger anderer Ausgangswert möglich.

Top Down

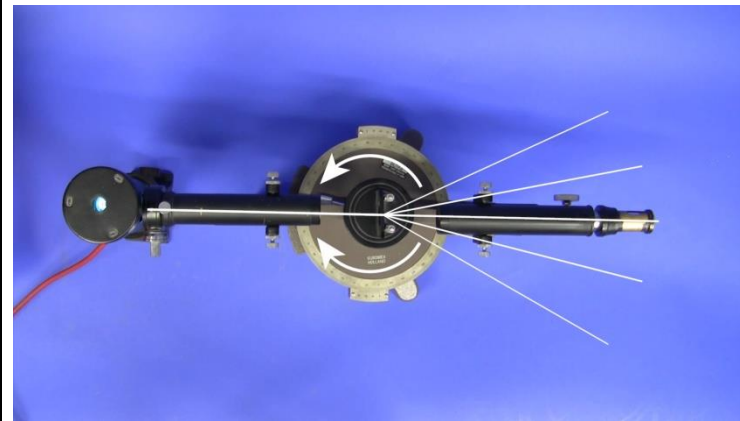
Fernrohr wird in beide Richtungen geschwenkt



Das Vorzeichen eines Winkels gibt an ob er in positiver oder negativer Richtung vom ersten Richtungswert gemessen wurde

Top Down

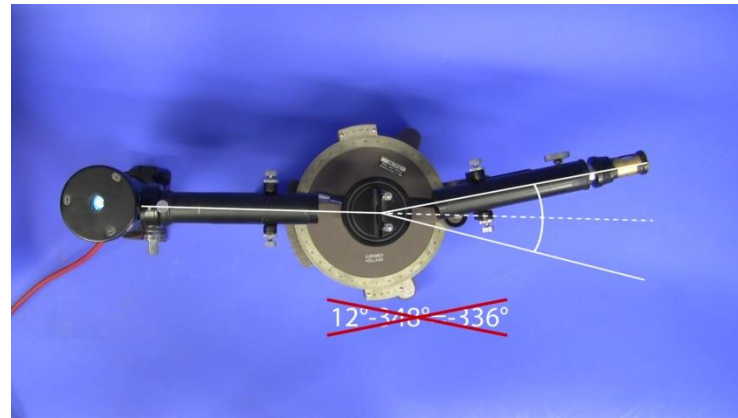
Ungefäher Strahlengang durch ein Gitter wird überblendet



Wollen sie zum Beispiel gitterspektroskopische Messungen durchführen werden sie die Beugungsmaxima in beiden Richtungen messen müssen

Top down

Verschiedene Möglichkeiten zu Messung werden gezeigt Fernrohr wird an den Entsprechenden Stellen gezeigt



Da sie hier über den Nullpunkt messen können sie nicht einfach die Richtungswerte voneinander subtrahieren. Entweder sie bestimmen die beiden Winkel separat bezogen auf Null bzw. 360° und berechnen deren Differenz. Oder sie zählen 360° zum Wert der positiven Richtungsmessung hinzu und ziehend er Wert negativen Richtungsmessung ab. Alternativ dazu können sie den Winkel auch auf der 180° Seite ablesen was ihnen diesen Zwischenschritt erspart.

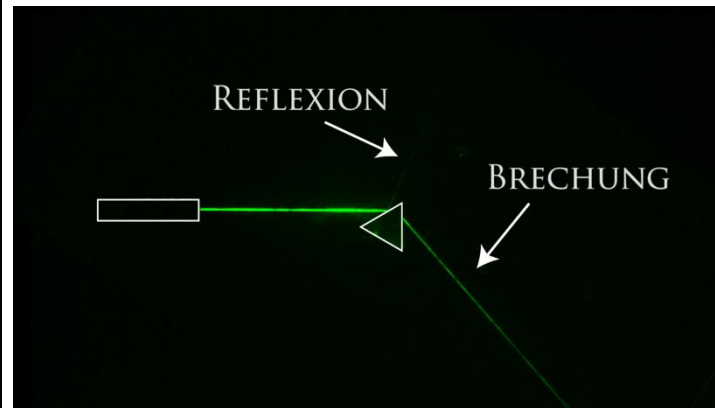
Close Up der Skala.



Auf dieser Winkelskala entsprechen die langen Linien ganzen Gradwerten und die kurzen halben. Hier befindet sich die Nullmarkierung der Noniuskala zwischen 12° und 12° und 30 Winkelminuten. Das bedeutet, dass der Wert auf der Noniuskala zu 12° addiert wird. Dieser ist dort abzulesen wo eine Markierung der Noniuskala genau auf eine der Winkelskala trifft also hier bei 22 Winkelminuten. Diese Richtungsmessung ergab also 12° 22'

Top-Down

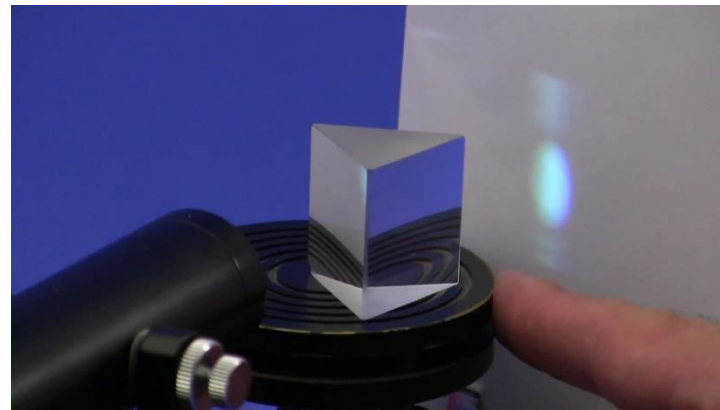
Laserstrahlengang evtl Mit Papierschirm zeigt
Strahl bis zur Totalreflexion



Bringen sie nun das Prisma in den Strahlengang ein. Wie sie anhand des Lasers sehen können muss der Einfallswinkel auf die brechende Seite sehr flach sein da es sonst an der 2. Prismenwand zur Totalreflexion kommt.

Totale

Blatt Papier wird hingehalten, Prisma rotiert
Evtl auch mit Laser

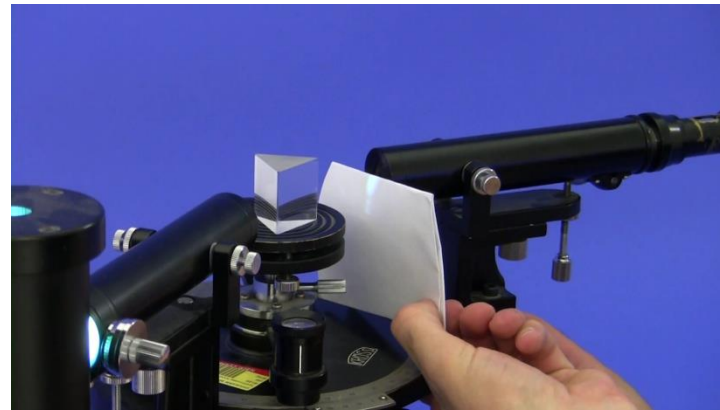


Wenn sie nun den Drehtisch mit dem Prisma drehen werden sie merken, dass sich der Strahl bewegt. Wollen sie den minimalen Ablenkungswinkel finden drehen sie das Prisma in beide Richtungen und beobachten wo der Strahl stehen bleibt und sich dann wieder in die Gegenrichtung bewegt. Dies ist die Richtung in der das Prisma den Strahl minimal ablenkt.

Bild in Bild

Totale und Fernrohrsicht

Mit Fernrohr in Stellung wird Prisma rotiert



Haben sie diesen Punkt gefunden bringen sie dort wieder das Fernrohr in Stellung und untersuchen die Bewegung der Linien nochmal um den minimalen Ablenkwinkel genauer bestimmen zu können.

Close Up

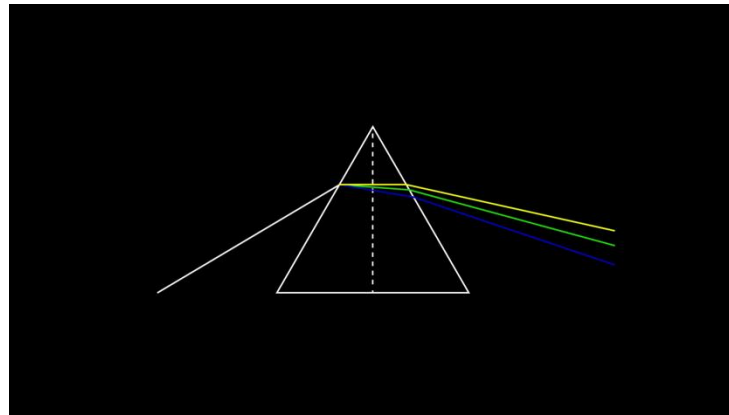
Blick durch das Fernrohr während das Prisma rotiert wird



Bei der Quecksilberdampf Lampe werden sie mehrere Linien erkennen die bei verschiedenen relativen Winkeln der Brechlinie umkehren.

SKIZZE

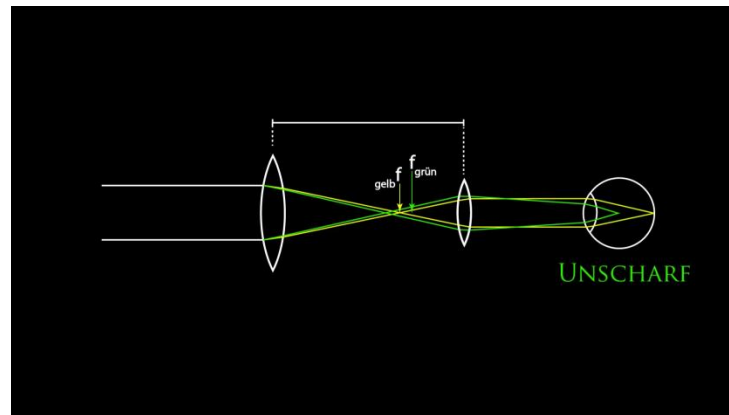
Grafik eines Strahlengangs durch ein Prisma



Der Grund dafür ist, dass der Brechungsindex, und somit der minimale Ablenkungswinkel, Wellenlängenabhängig ist.

CloseUp durch Fernrohr auf SKIZZE

Zwei Strahlengänge werden Gezeigt danach wird der scharfe ausgeblendet und die Linsen so verschoben, dass der andere scharf im Auge abgebildet wird



Stellen sie nun die Optik auf die erste dieser Linien am Punkt der minimalen Ablenkung ein. Da sich im Fernrohr Linsen befinden die Ebenfalls einen Wellenlängenabhängigen Brechungsindex haben wird jede der Linien bei einem anderen Linsenabstand scharf in ihrem Auge abgebildet.

Bild in Bild

**Totale von Fernrohr und Spalt und
Fernrohrsicht**

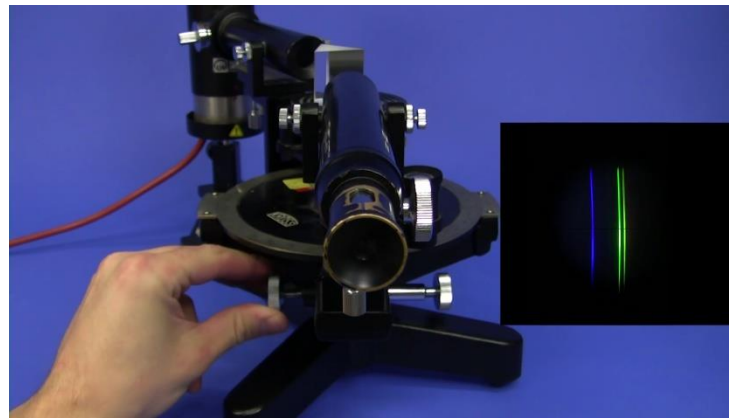
Stellschrauben werden verstellt



Verändern sie daher zuerst den Linsenabstand bis die betrachtete Linie so scharf wie möglich erkennbar ist und verkleinern dann den Spalt so viel wie möglich um einen möglichst genauen Messwert zu erhalten. Es kann hierbei nötig sein Linsenabstand und Spaltbreite immer wieder alternierend zu verstellen.

Bild in Bild

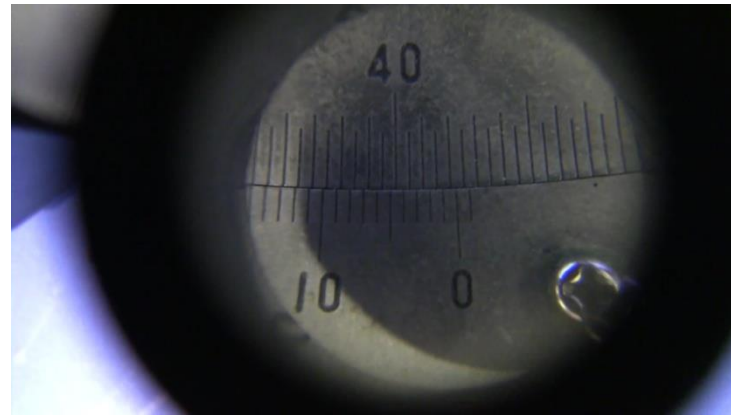
**Totale von Fernrohr mit Arretier schraube in
Bild Fernrohrsicht**



Sind sie mit den Einstellungen zufrieden arretieren sie vorsichtig das Fernrohr, justieren gegebenenfalls nochmal mit der Feinstellschraube nach, und lesen den zu dieser Spektrallinie gehörigen Richtungswert ab.

Close Up

Vergößerung durch die Lupe wird gezeigt



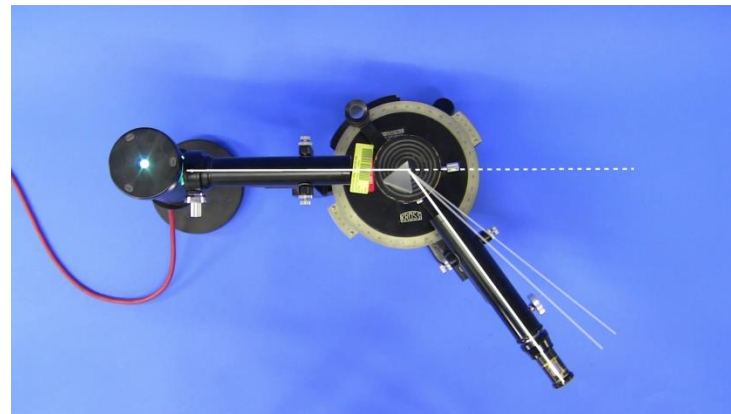
Verwenden sie zum genaueren ablesen die eingebaute Lupe oder die Juwelierlupe

Bild in Bild

Totale von Spektrometer in Bild Fernrohrsicht

Fernrohr wird auf nächste Linie eingestellt und scharfgestellt.

Od Zeitraffer Top-Down alle Spektrallinien mit Winkel als Linie zum Null wert einblenden.



Wie zuvor erwähnt wird sich die eine Seite auf 0° und die andere auf 180° beziehen. Fahren sie nun mit den Anderen Spektrallinien in der gleichen Weise Fort und vergessen sie nicht jede so scharf wie möglich abzubilden.

Totale

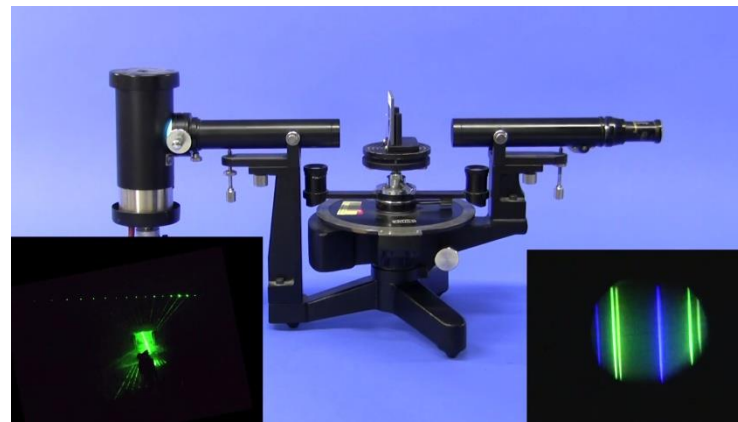
Erst wird ein Spektrometer gezeigt dann das andere.



In diesem Video wurde dieses Spektrometer verwendet. Bei ihren Experimenten kann es aber sein, dass sie mit dieser Version des Spektrometers konfrontiert sind welches aber auf die gleiche Weise justiert wird.

Bild in Bild

Prisma wird durch Gitter ersetzt evtl. Fernrohr weggekleppt und Schirm aufgestellt

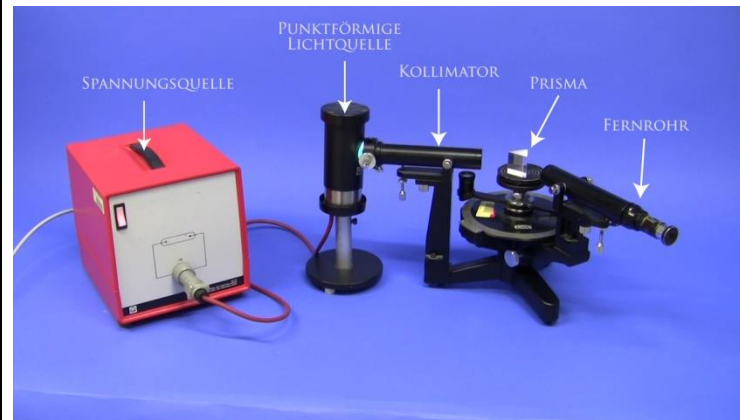


Weiters könnte man das Prisma einfach durch ein Gitter ersetzen und so Gitterspektroskopische Messungen durchführen.

Totale

Namen verschiedener Komponenten wird eingeblendet evtl. Fade zu Funktion

Zeitraffer Prisma wird justiert mit Blatt



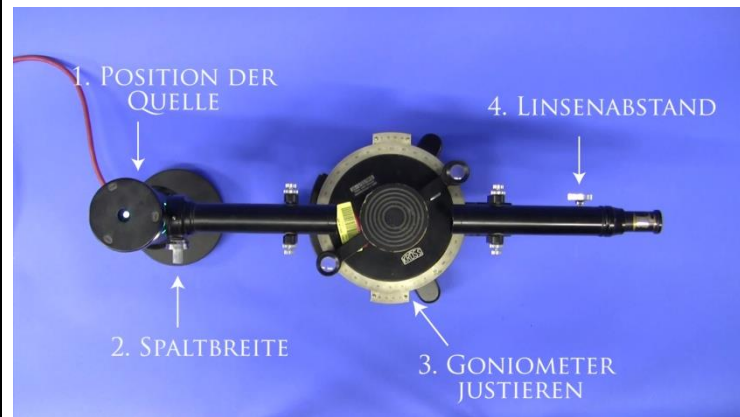
Zusammenfassend gilt für alle Optischen Messungen:

Setzen sie sich eingehend mit der zugrundeliegenden Theorie auseinander um Vorhersagen über die Versuchsparameter treffen zu können bzw. diese nachzuvollziehen. Überlegen sie sich bei jeder verwendeten Komponente welche Funktion sie im Bezug auf den Versuchsaufbau hat.

Justieren sie die Komponenten der Reihe nach beginnend bei der Quelle so, dass der Strahlengang möglichst genau in einer Ebene liegt. Verwenden sie dafür ein Blatt Papier mit dem sie den Strahl oder die Abbildung vor und nach jeder Komponente kontrollieren.

Bild in Bild

Schaftstellen wird nochmal gezeigt



Achten sie beim Ablesen, um möglichst präzise Ergebnisse zu erhalten, darauf vorher alle Komponenten optimal einzustellen sodass eine Scharfe Abbildung möglich ist.

ENDMENÜ

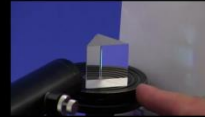
QUELLE JUSTIEREN



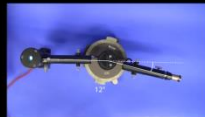
GONIOMETERSKALA
JUSTIEREN



MINIMALEN
ABLENKUNGSWINKEL
FINDEN



WINKEL MESSEN



SKALA ABLESEN



MUSIC BY BENSOUND

© 2015 Silas Oppermann

[MUSIK]

E. Abstract

In dieser Studie wurden vier Videos, welche spezifisch für die Verbesserung der „learning outcomes“ der individuellen Vorbereitung Studierender auf die physikalischen Anfängerpraktika entworfen wurden, entwickelt, produziert und quantitativ evaluiert. Hierfür wurden verschiedene andere Projekte und Ergebnisse von Fallstudien im selben Gebiet verglichen, um herauszufinden welche Art von Multimediainhalten für die Verbesserung der „learning outcomes“ im Praktikum sinnvoll wäre. Um eine solide Grundlage bzw. einen Rahmen für die Produktion effektiver Inhalte zu schaffen wurde eine extensive Recherche nach Theorien und empirischen Befunden in den Bereichen der Lernpsychologie und „multimedia learning“ durchgeführt. Zur Themenfindung für die Videos wurden Interviews mit langjährigen Mitgliedern des Betreuungsteams des Anfängerpraktikums durchgeführt, um herauszufinden welche Inhalte/Bereiche des Praktikums am problematischsten und somit am verbesserungsfähigsten wären. Basierend auf den Ergebnissen dieser Interviews wurden vier Storyboards (diese sind ein effektives Planungs-, und Produktionstool) entwickelt. Mit diesen wurden in Abstimmung mit zuvor erwähnten theoretischen Prinzipien des „multimedia learning“ vier Lernvideos produziert. Die Videos wurden auf die Internetplattform youtube hochgeladen und allen Studierenden des physikalischen Anfängerpraktikums der Uni Wien im Wintersemester 2015/16 zur Verfügung gestellt. Die Effektivität der Videos wurde in einem Treatment-, und Controlgroup Design mittels quantitativer Fragebogen, welche die Studierenden und das Betreuungspersonal ausfüllten, evaluiert. Die Ergebnisse zeigten eine kleine aber signifikante Steigerung der subjektiv wahrgenommenen Leistung der Studierenden bei zwei der vier Videos und eine geringfügig stärkere Steigerung bei der von den Betreuenden wahrgenommenen Leistung der Studierenden bei drei der vier Videos. Drei der Videos wurden von den Studierenden vorwiegend als unmittelbar hilfreich für das Praktikum empfunden und alle vier wurden als hilfreiche/sinnvolle Erweiterung der bestehenden Vorbereitungsmaterialien angesehen.

Within this study four videos, designed specifically to enhance the learning outcomes of students' individual preparation for the introductory physics lab courses were developed, produced and evaluated using quantitative methods. To achieve this several other projects and results of other case studies in the same field were compared to find out which kind of multimedia content would prove useful for improving the learning outcomes in lab class. An extensive research about theories and empirical results in the fields of learning psychology and multimedia learning was conducted to provide a solid foundation as well as a framework for the effective production of said content. Interviews with senior staff members were performed to find topics and teaching/learning areas that were deemed the most problematic and therefore the most promising for improvement. Based

on the results of these interviews storyboards -an effective planning and production tool- were made. With these, four learning videos were produced in accordance with the aforementioned theoretic principles of multimedia learning. These Videos where uploaded to the internet platform youtube and provided to all students in the introductory physics lab classes of the Uni Wien in the 2015/16 winter semester. The effectiveness of the videos was evaluated through a control-, and treatment-group design using a quantitative questionnaire which was provided to students and teaching staff. The results indicated a small but statistically significant improvement in the subjective performance of the students for two out of four videos and a slightly stronger improvement in performance of the students as perceived by the teaching staff for three out of four videos. Three of the videos were predominantly perceived as directly helpful in the lab class and all of them were deemed a useful addition to existing learning material by the students.